

**Mestrado em Inovação e Empreendedorismo Tecnológico**

**Avaliação das potencialidades e impactos dos Sistemas de  
Informação Geográfica na gestão pública de recursos hídricos**

**João Paulo Barata da Rocha Gagliardini Graça**

**Orientado por Pedro Cosme da Costa Vieira**

**Janeiro de 2009**



## **Agradecimentos**

Ao longo do tempo que mediou todo este trabalho muitos foram os que contribuíram de forma directa e indirecta para a conclusão do presente documento. A todos eles os meus mais sinceros e profundos agradecimentos.

Ao meu orientador pelo acompanhamento, motivação e pragmatismo com que ao longo de este tempo me orientou.

Aos meus amigos e familiares que influenciaram de forma muito positiva o desenvolvimentos deste trabalho, em particular aos que criticaram, comentaram, e sugeriram aperfeiçoamentos ao documento aqui apresentado.

Aos meus pais, sogros e irmãos pelo apoio, conforto, e permanente encorajamento que sem hesitar sempre me dedicaram.

À minha mulher que, pela singular paciência, ampla compreensão e principalmente pelos variados sacrifícios a que generosamente se sujeitou, tornou a realização deste trabalho uma realidade.



## Resumo

É inquestionável que os recursos hídricos são um factor preponderante no desenvolvimento de uma região. Assim, torna-se necessário que as entidades públicas fomentem uma gestão eficiente deste recurso escasso.

No sentido de procurar soluções tecnológicas que fomentem uma gestão eficiente, procuramos neste texto desenvolver uma base de conhecimento que permita aferir da viabilidade, em primeiro lugar, e das potencialidades e impactos, em segundo lugar, dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG's) na Gestão de Recursos Hídricos.

Neste sentido procurou-se desenvolver:

- ✓ Extensa caracterização à escala mundial e à escala nacional da situação actual dos recursos hídricos;
- ✓ Análise das especificidades da Gestão de Recursos Hídricos;
- ✓ Exploração das potencialidades dos SIG's;
- ✓ Enquadramento dos SIG's numa estratégia de inovação;
- ✓ Simulação de duas aplicações práticas de um SIG;
- ✓ Avaliação das Forças, Oportunidade, Fraqueza e Ameaças (SWOT), bem como uma análise Custo-Benefício da implementação dos SIG's

Em termos de estrutura do texto, em primeiro lugar aprofunda-se conhecimentos sobre o bem, principal beneficiário da inovação proposta (os recursos hídricos), em segundo lugar analisa-se o mercado onde se irá aplicar a referida inovação (gestão pública e em particular a gestão de recursos hídricos), em terceiro lugar avalia-se as potencialidades da tecnologia que se procura explorar e aplicar, e através da qual se procura inovar (os SIG's) e por fim avalia-se os impactos da aplicação da tecnologia proposta.

Apesar da dificuldade na quantificação dos custos e principalmente dos benefícios da implementação de um SIG na gestão de recursos hídricos, uma avaliação qualitativa custo-benefício dos SIG's já implementados (em países estrangeiros) permite indicar que os benefícios (directos e indirectos) são claramente superiores aos custos (de implementação e gestão), Silva (1998). Além dos benefícios directos, os exemplos dos SIG's implementados expõem de forma clara que da sua implementação na gestão de recursos hídricos resultam inovações, tanto a nível do processo (*e.g.*, os agentes passam

a dar mais valor à informação recolhida localmente e ter mais atenção na repercussão das suas acções) como ao nível do produto (*e.g.*, os produtos têm maior qualidade porque contêm informação em tempo real e é possível fornecer novos produtos que respondem a necessidades personalizadas).

## **Abstract**

It is unquestionable that water resources are a dominant factor to a region's development. Therefore it is necessary that public entities encourage an efficient management of this scarce resource.

In order to seek solutions that promote an efficient management, we aim to develop in this paper a knowledge base that allows measuring the viability in the first place, and secondly the potentialities and impacts of the Geographic Information Systems (GIS) in Water Resources Management.

In this way it tried to develop:

- ✓ Extensive characterization, at global and national scale of the current situation of water resources;
- ✓ Analysis of Water Resources Management specificities;
- ✓ Exploring GIS potentialities;
- ✓ A framework of GIS in a innovation's strategy;
- ✓ Simulation of two GIS's applications;
- ✓ Evaluation of Strength, Weaknesses, Opportunities and Threats (SWOT) as well as a cost-benefit analysis of GIS's implementation.

The text structure, firstly it deepen knowledge about the good, the main beneficiary of the proposed innovation (the water resources), secondly it analyses the market where this innovation will be applied (public administration and in particular the management of water resources), thirdly it evaluates the potentialities of technology that it sought to exploit and apply, and through which it aims to innovate (the GIS) and finally it evaluates the impact of the proposed technology's implementation.

Despite the difficulty in quantifying the costs and mainly the benefits of GIS's implementation in water resources management, a qualitative cost-benefit analysis of GIS's already implemented (in foreign countries) will indicate that the benefits (direct and indirect) are clearly outweigh the costs (of implementation and management), Silva (1998). Besides the direct benefits, examples of implemented GIS states clearly that its implementation in water resources management lead innovations, both at process level (*e.g.*, the players start to give more value to the information gathered locally and have

more attention on the impact of their actions) as at product level (eg, the products have higher quality because they contain information in real time and it is possible to provide new products to meet custom needs).



# Índice de conteúdos

|   |     |
|---|-----|
| Agradecimentos .....  | i   |
| Resumo .....  | ii  |
| Abstract .....  | iii |
| Índice de conteúdos .....   | iv  |
| Índice de quadros .....   | v   |
| Índice de Figuras .....   | vi  |
| Introdução .....  | 1   |
| Capítulo 1. Recursos Hídricos .....   | 4   |
| 1.1 A água na Terra .....   | 4   |
| 1.2 Ciclo Hidrológico .....   | 6   |
| 1.3 Balanço Hidrológico .....   | 9   |
| 1.4 Disponibilidade de água .....   | 11  |
| 1.5 Captação de água .....  | 13  |
| 1.6 Recursos Hídricos em Portugal .....                                     | 16  |
| 1.6.1 Regime de Precipitações .....   | 17  |
| 1.6.2 Evapotranspiração Potencial .....                                     | 19  |
| 1.6.3 Regime de Escoamento .....  | 19  |
| 1.6.4 Sistemas aquíferos .....  | 24  |
| 1.6.5 Usos, consumos, necessidades e retornos de água .....                 | 28  |
| 1.6.6 Escassez (balanço hídrico) .....                                      | 41  |
| 1.6.7 Sobre-exploração de aquíferos .....                                   | 42  |
| 1.6.8 Cheias .....  | 43  |
| 1.6.9 Conclusão .....   | 44  |
| Capítulo 2. Gestão de recursos hídricos .....                               | 47  |
| 2.1 Modelos de gestão pública .....   | 47  |
| 2.1.1 Administração Científica ou Legal Burocrática (1887-1945); .....      | 47  |
| 2.1.2 Administração Profissional (1945-1975); .....                         | 48  |
| 2.1.3 Gestionarismo .....   | 49  |
| 2.1.3.1 Conceito .....  | 49  |
| 2.1.3.2 <i>New Public Management</i> .....                                  | 49  |
| 2.1.3.3 Gestão da Qualidade total .....                                     | 50  |
| 2.1.3.4 Reengenharia .....  | 50  |
| 2.1.3.5 “Reinvenção da governação” .....                                    | 51  |
| 2.1.3.6 Novo Institucionalismo .....  | 52  |
| 2.1.4 Gestão Pública vs Gestão Não-Lucrativa .....                          | 52  |
| 2.2 A água: Relevância, Valor, Ameaças e Oportunidades .....                | 56  |
| 2.3 Contexto Histórico Recente .....  | 59  |
| 2.4 Princípios Gerais de uma Gestão da Água .....                           | 60  |
| 2.5 Modelos de gestão de recursos hídricos .....                            | 62  |
| 2.5.1 Considerações Introdutórias .....                                     | 62  |
| 2.5.2 Modelos centralizados e descentralizados .....                        | 63  |
| 2.5.3 Modelo Francês .....  | 64  |
| 2.5.3.1 Financiamento .....   | 65  |
| 2.5.4 Modelo Brasileiro .....   | 66  |
| 2.5.5 Modelo Português de Gestão de Recursos Hídricos anterior a 2005 ..... | 69  |
| 2.5.5.1 Decreto-Lei n.º 70/90 de 2 de Março .....                           | 70  |
| 2.5.5.2 Decreto-Lei n.º 45/94 de 22 de Fevereiro .....                      | 72  |

|  |     |
|--|-----|
| 2.5.5.3 Decreto-Lei 47/94 de 22 de Fevereiro .....                             | 74  |
| 2.5.5.4 Deficiências do Modelo .....   | 74  |
| 2.5.6 Modelo Português de Gestão de Recursos Hídricos vigente .....            | 75  |
| 2.5.6.1 Enquadramento legal .....  | 75  |
| 2.5.6.2 Enquadramento Institucional .....                                      | 85  |
| 2.5.6.3 Instrumentos de Gestão.....  | 88  |
| 2.5.6.4 Regime Económico-Financeiro .....                                      | 91  |
| 2.5.6.5 Informação e Participação do Público .....                             | 93  |
| 2.5.6.6 Financiamento do Sector dos Recursos Hídricos .....                    | 94  |
| Capítulo 3. Os Sistemas de Informação Geográfica .....                         | 96  |
| 3.1 Definição de SIG .....   | 96  |
| 3.2 Informação Geográfica .....  | 97  |
| 3.3 Fontes de informação geográfica.....                                       | 98  |
| 3.4 Como funciona.....   | 100 |
| 3.5 Aplicações SIG .....   | 102 |
| 3.6 Potencialidades / Capacidades / Funcionalidades.....                       | 103 |
| Capítulo 4. Inovação - Conceitos.....  | 107 |
| 4.1 Contexto.....  | 107 |
| 4.2 Inovação.....  | 108 |
| 4.3 Tipos de Inovação.....   | 108 |
| 4.4 Estratégias de Inovação .....  | 109 |
| 4.5 Factores de Sucesso na Inovação.....                                       | 109 |
| Capítulo 5. Exemplos práticos de aplicação de SIG .....                        | 112 |
| 5.1 Introdução .....   | 112 |
| 5.2 Aplicação na gestão de recursos hídricos .....                             | 114 |
| 5.2.1 Modelação hidrológica .....  | 114 |
| 5.2.2 Gestão de informação .....   | 115 |
| 5.3 Exemplos práticos.....   | 118 |
| 5.3.1 Determinação de Zonas Inundáveis .....                                   | 118 |
| 5.3.2 Sistema de Informação dos Títulos de Utilização dos Recursos Hídricos .. | 136 |
| 5.4 Análise das Forças, Oportunidade, Fraqueza e Ameaças (SWOT)de um SIG..     | 143 |
| 5.5 Análise Custo-Benefício à implementação do SIG .....                       | 144 |
| Conclusões .....   | 149 |
| Trabalhos futuros .....  | 151 |
| Referências.....   | 152 |

## Índice de quadros

|   |     |
|---|-----|
| Quadro 1 – Fracções das reservas totais e das reservas de água doce nos diferentes reservatórios de água da Terra <sup>[81]</sup> .....   | 5   |
| Quadro 2 - Distribuição da precipitação mensal média por Região Hidrográfica <sup>[41]</sup> .....  | 18  |
| Quadro 3 – Distribuição da evapotranspiração potencial mensal média por Região Hidrográfica <sup>[41]</sup> .....   | 19  |
| Quadro 4 – Distribuição mensal do escoamento por bacia hidrográfica <sup>[41]</sup> .....   | 21  |
| Quadro 5 – Disponibilidades em regime regularizado <sup>[41]</sup> .....  | 24  |
| Quadro 6 - Tipos litológicos em cada sistema aquífero <sup>[41]</sup> .....   | 25  |
| Quadro 7 – Consumos por tipo de Origem de Água vs. Sectores Utilizadores <sup>[41]</sup> .....  | 35  |
| Quadro 8 – Origens de Água por Bacia Hidrográfica <sup>[41]</sup> .....   | 36  |
| Quadro 9 - Transferências de Água entre as Áreas Correspondentes aos PBH em Portugal Continental <sup>[41]</sup> .....  | 36  |
| Quadro 10 - Retorno dos Sectores Utilizadores de Água do Continente (dam <sup>3</sup> /ano) <sup>[41]</sup> .....   | 37  |
| Quadro 11 - Consumos, Necessidades de Água e Retornos - Quadro Síntese (x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ) <sup>[41]</sup> .....   | 38  |
| Quadro 12 - Quadro comparativo disponibilidades versus necessidades <sup>[41]</sup> .....   | 42  |
| Quadro 13 – Caracterização de modelos de gestão de recursos hídricos em alguns países .....   | 64  |
| Quadro 14 - Componente A da taxa de recursos hídricos (utilização de águas do domínio público hídrico do Estado).....   | 79  |
| Quadro 15 - Coeficiente de escassez a aplicar à componente A da taxa de recursos hídricos.....  | 79  |
| Quadro 16 - Componente O da taxa de recursos hídricos (ocupação de terrenos do domínio público hídrico do Estado e à ocupação e criação de planos de água) .....                  | 80  |
| Quadro 17 - Componente U da taxa de recursos hídricos (utilização privativa de águas sujeitas a planeamento e gestão públicos, susceptível de causar impacte significativo) ..... | 81  |
| Quadro 18 – Informação sobre a captação.....  | 142 |
| Quadro 19 – Análise SWOT à implementação de um SIG na gestão de recursos hídricos .....   | 143 |
| Quadro 20 - benefícios decorrentes da implementação de um SIG.....  | 145 |
| Quadro 21 – Custos e benefícios associados à implementação de um SIG.....   | 147 |

## Índice de Figuras

|  |     |
|--|-----|
| Figura 1 – Distribuição da água na superfície da Terra <sup>[40]</sup> .....   | 4   |
| Figura 2 – Representação do ciclo hidrológico <sup>[40]</sup> .....  | 7   |
| Figura 3 – Diagrama de Horton <sup>[55]</sup> .....  | 9   |
| Figura 4 – Ciclo Hidrológico Mundial <sup>[91]</sup> .....   | 11  |
| Figura 5 – Captação de água por região e por sector de actividade (em percentagem) <sup>[30]</sup> .....                               | 14  |
| Figura 6 – Captação média global anual de água (km3/ano; m3/per capita; percentagem) <sup>[30]</sup> .....                             | 14  |
| Figura 7 – Captação e consumo de água por sector de actividade (em percentagem) <sup>[30]</sup> .....                                  | 15  |
| Figura 8 – Precipitação anual média por Região Hidrográfica <sup>[41]</sup> .....  | 17  |
| Figura 9 - Precipitação média mensal em Portugal Continental <sup>[41]</sup> .....   | 18  |
| Figura 10 – Balanço hidrológico médio em Portugal Continental <sup>[41]</sup> .....  | 20  |
| Figura 11 – Síntese do balanço hídrico à escala mensal para Portugal Continental <sup>[41]</sup> ..                                    | 20  |
| Figura 12 – Distribuição espacial do escoamento anual médio em Portugal Continental .....  | 23  |
| Figura 13 - Mediana dos valores de produtividade (em l/s) dos sistemas aquíferos agrupados por tipos litológicos <sup>[41]</sup> ..... | 26  |
| Figura 14 – Disponibilidades hídricas subterrâneas de Portugal <sup>[41]</sup> .....   | 27  |
| Figura 15 - Relação precipitação / evapotranspiração <sup>[41]</sup> .....   | 32  |
| Figura 16 - Distribuição sectorial dos consumos, necessidades de água e retornos <sup>[41]</sup> ..                                    | 39  |
| Figura 17 - Distribuição espacial dos consumos, necessidades de água e retornos <sup>[41]</sup> ...                                    | 40  |
| Figura 18 - Feedback positivo entre os diferentes elementos de eficiência de uma organização .....                                     | 54  |
| Figura 19 - Estrutura Administrativa do Sector dos Recursos Hídricos Brasileiro .....  | 68  |
| Figura 20 - Factores de sucesso na inovação .....  | 111 |
| Figura 21 – Modelo Digital do Terreno .....  | 120 |
| Figura 22 – Representação esquemática da grelha das direcções de escoamento .....  | 122 |
| Figura 23 - Representação esquemática da grelha do escoamento acumulado .....  | 122 |
| Figura 24 – Bacia processada em HEC-GeoHMS .....   | 123 |
| Figura 25 – Bacia Hidrográfica com informação sobre usos do solo .....   | 125 |
| Figura 26 – Imagem da aplicação informática HEC-HMS .....  | 127 |
| Figura 27 – Estrutura do Modelo HEC-HMS .....  | 128 |
| Figura 28 - Diagrama de fluxo numa bacia hidrográfica, HEC (2000) .....  | 129 |
| Figura 29 – Bacia Hidrográfica com a incorporação de perfis transversais do leito e margens .....                                      | 130 |
| Figura 30 – perfil das zonas inundáveis .....  | 132 |
| Figura 31 – Polígonos de inundação .....   | 133 |
| Figura 32 – Ortofotomapas com sobreposição de polígonos de inundação .....   | 135 |
| Figura 33 – Bacia hidrográfica – exemplo de um sistema de gestão de captações .....  | 137 |
| Figura 34 – Aquífero – exemplo de um sistema de gestão de captações .....  | 139 |
| Figura 35 – Captações do aquífero – exemplo de um sistema de gestão de captações   | 141 |

## Introdução

Apesar da superfície do planeta Terra ser muito rica em água a ponto de estar coberta por oceanos em 70% da sua área, a água doce, que é imprescindível à economia e ao ambiente, é rara. Em termos económicos, a água doce é fundamental quer como factor de produção (na agricultura, na indústria e no turismo) quer como bem de consumo doméstico. Em termos ambientais a água é insubstituível por ser a base fundamental da vida.

Desde 1950 o consumo mundial de água mais do que triplicou. Estima-se em cerca de 4000 km<sup>3</sup> por ano a quantidade de água extraída de rios, lagos e aquíferos do nosso planeta, sendo que aproximadamente 70% tem como destino a produção de alimentos, 22% o uso industrial e 8% uso doméstico, Vieira (2003).

As médias globais escondem variações consideráveis a nível de distribuição da água, quer espacial quer temporal. Em grande parte do planeta, as reservas renováveis de água doce (quantidade de água disponível, todos os anos, numa base sustentável) têm origem em chuvas sazonais, que se verificam num intervalo de tempo tão curto que torna difícil o seu aproveitamento eficiente. Quanto à distribuição espacial da água, verifica-se que mais de metade do fluxo total desta acontece nas zonas inter-tropicais da Ásia, África e América do Sul, Sophocleous (2004).

Sendo que à escala global o problema de escassez de água não existe, a sua concentração, no tempo, e em regiões onde o seu uso é pouco significativo, faz com que este problema se manifeste apenas a escalas mais pequenas, Sophocleous (2004).

Portugal caracteriza-se por ter um regime de escoamento com elevada irregularidade, onde o litoral norte húmido contrasta com o interior sul mais seco, com os meses de Inverno a concentrar os valores de escoamento mais elevados aos quais se seguem períodos de caudal reduzido. Também a variabilidade inter-anual é muito acentuada, à semelhança do que foi dito para o regime de precipitações anual, INAG (2002).

Apesar do esforço desenvolvido ao longo dos anos, existem ainda importantes lacunas de conhecimento, tanto no domínio das disponibilidades como dos usos, consumos e necessidades, INAG (2002).

Como resultado da elevada diversidade de usos da água, além da disponibilidade em quantidade, a qualidade da água também adquire uma dimensão económica, visto ser

também essencialmente económica a escolha de afectação deste recurso (*i.e.*, perda de qualidade) em detrimento de todos os outros possíveis, Costa (1992)

Dada a grande importância e ao mesmo tempo escassez dos recursos hídricos (aparentemente crescente), a sociedade tem que procurar uma gestão eficiente da água, isto é, dos recursos hídricos, de forma a alargar o benefício que resulta da sua existência.

A gestão de recursos hídricos consiste na adequação de meios escassos a fins múltiplos. Esta exerce-se, fundamentalmente, através das seguintes acções: em relação à procura, através da localização dos utilizadores, racionalização dos usos e consumos, recuperação de águas residuais e rejeição dos efluentes; em relação à oferta por meio de obras hidráulicas e sanitárias e definição e planificação de modelos e metodologias de gestão de recursos hídricos (que garantam entre outros a subsistência de caudais ecológicos), ou seja, medidas legais e de reajustamento institucionais, Costa (1992).

Vieira (2003) considera que o êxito na implementação das novas políticas de protecção da qualidade da água está intimamente associado à existência de uma estrutura institucional dotada de autoridade administrativa, de suficientes meios técnicos e de capacidade financeira.

O sucesso das organizações deve-se em grande medida à sua capacidade de gerar conhecimento e reagir de forma rápida e inteligente a este novo conhecimento. Assim, a capacidade de inovar é um factor chave na criação de vantagens competitivas sustentáveis, Mendonça (2005)

O sucesso de uma inovação depende também muito da forma como gere o conhecimento. Esta gestão permite que o conhecimento seja organizado e disponibilizado de forma eficaz e eficiente, introduzindo inovação nos processos e facilitando a tomada de decisão.

O objectivo da gestão do conhecimento numa organização deverá ser o de levar a Informação Correcta dentro dum certo contexto à Pessoa Certa, no Tempo Certo, para a Correcta tomada de decisão. Neste contexto, as principais actividades ou processos da gestão do conhecimento são: i) criação ou aquisição do conhecimento; ii) organização e armazenamento do conhecimento; iii) partilha e disseminação; e iv) utilização por terceiros, Finneran (1999).

Em termos de organização do texto este documento segue a seguinte estrutura:

1. Descrevemos o processo de criação e disponibilização dos recursos hídricos (que são renováveis segundo um ciclo natural);
2. Caracterizamos, em termos de abundância, usos, consumos e necessidades a situação actual dos recursos hídricos à escala mundial e nacional;
3. Analisamos as especificidades da Gestão de Recursos Hídricos
4. Exploramos as potencialidades dos Sistemas de Informação Geográfica na gestão eficiente dos recursos hídricos disponíveis;
5. Apresentando dois exemplos práticos da sua aplicação;
6. Finalmente, avaliamos as Forças, Oportunidade, Fraqueza e Ameaças (SWOT), bem como os custos benefícios da implementação dos SIG's.

# Capítulo 1. Recursos Hídricos

## 1.1 A água na Terra

Os oceanos e os mares ocupam cerca de 70% da superfície terrestre e representam cerca de 97,5% (Figura 1) da massa de água total existente à superfície da Terra. Nos restantes cerca de 30% da superfície terrestre, ocupados pelos continentes e ilhas, existem pequenos reservatórios de água, principalmente gelo, lagos, rios, cobertura do solo, áreas subterrâneas (lençóis freáticos), que somam 2,5% do total da água da Terra. Também na atmosfera existe água, juntamente com outros gases, Musy (2005), mas em quantidade negligenciável (menos de 0,1% do total).

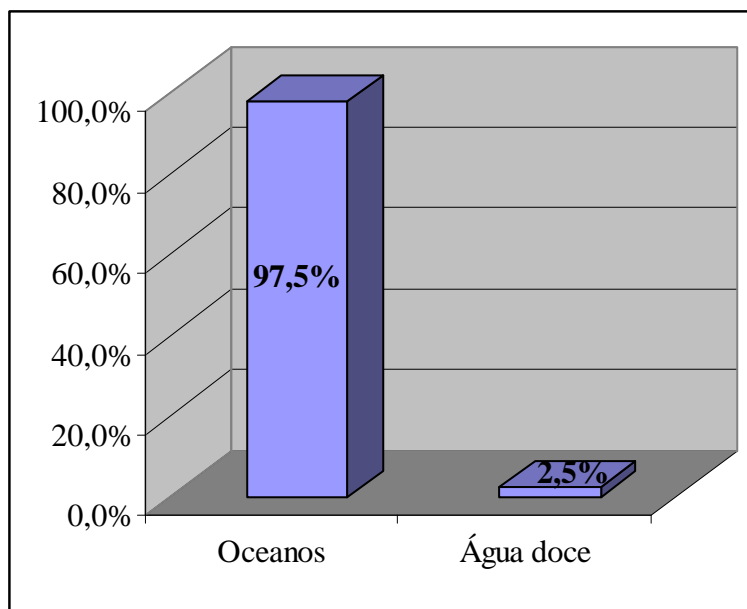


Figura 1 – Distribuição da água na superfície da Terra<sup>[40]</sup>

As estimativas actuais avaliam a quantidade de água existente em cerca de 1386 milhões de quilómetros cúbicos de água, Shiklomanov (1998), que se encontram em diferentes reservatórios, apresentados no Quadro 1, Shiklomanov (1993).

A água que se encontra nos Oceanos, por estar “contaminada” por sais (principalmente o Cloreto de Sódio), não é utilizável em substituição da água doce (ou a sua utilização é imperceptível a esta escala) uma vez que é muito difícil e dispendiosa a remoção desses sais e o seu aproveitamento para abastecimento humano é, actualmente, ínfimo. Neste sentido, concentremo-nos na água doce que existe nos continentes.



**Quadro 1 – Fracções das reservas totais e das reservas de água doce nos diferentes reservatórios de água da Terra<sup>[81]</sup>**

| <b>Reservatório</b>                     | <b>Percentagem das reservas totais</b> | <b>Percentagem das reservas de água doce</b> |
|---|--|--|
| Oceanos                                 | 96,5379                                |  |
| Águas subterrâneas totais               | 1,6883                                 |  |
| – Lençóis freáticos                     | 0,7597                                 | 30,0606                                      |
| – Água do solo                          | 0,0012                                 | 0,0471                                       |
| Glaciares e cobertos de neve permanente | 1,7362                                 | 68,6972                                      |
| – Antártida                             | 1,5585                                 | 61,6628                                      |
| – Gronelândia                           | 0,1688                                 | 6,6801                                       |
| – Ártico                                | 0,0060                                 | 0,2384                                       |
| Regiões Montanhosas                     | 0,0029                                 | 0,1159                                       |
| <i>Permafrost</i>                       | 0,0216                                 | 0,8564                                       |
| Lagos                                   | 0,0127                                 |  |
| – Água doce                             | 0,0066                                 | 0,2598                                       |
| – Água Salgada                          | 0,0062                                 |  |
| Zonas húmidas                           | 0,0008                                 | 0,0327                                       |
| Rios                                    | 0,0002                                 | 0,0061                                       |
| Água Biológica                          | 0,0001                                 | 0,0032                                       |
| Água Atmosférica                        | 0,0009                                 | 0,0368                                       |
| Reservas Totais                         | 100                                    |  |
| Reservas de água doce                   | 2,53                                   | 100  |

Relativamente à água doce, a maior parte desta é ainda inacessível ao homem, HYDRAM (2006).

A maior porção de água doce (68,7%) está “permanentemente” sob a forma de gelo e neve a cobrir o Ártico, a Antártida e as várias regiões montanhosa do globo.

A segunda maior reserva de água doce é a água subterrânea, que representa 29,9% do total, Shiklomanov (1998). Esta é a mais usada pelo homem e as populações de zonas áridas e semi-áridas usam exclusivamente águas subterrâneas para todas as suas necessidades. No entanto, recolhê-la nem sempre é fácil ou economicamente viável, HYDRAM (2006).

As águas superficiais, como lagos e rios, quando comparadas com as reservas globais de água doce, armazenam quantidades muito reduzidas desta água. Esta representa apenas 0,26% do total de água doce existente na Terra, Shiklomanov (1998). Ao contrário das águas subterrâneas, as águas superficiais são de fácil acesso mas, para além de serem mais susceptíveis à poluição, a sua distribuição tanto ao nível geográfico como populacional é muito desequilibrada, HYDRAM (2006).

Uma avaliação fiável do armazenamento da água na Terra considera a quantidade de água existentes na Terra como uma média durante um longo período de tempo, HYDRAM (2006). Como a água doce está continuamente a ser gerada e destruída, mais importante que determinar a quantidade de água doce existente num dado momento, é fundamental quantificar os fluxos de água doce gerados por evaporação e precipitação.

O calor do Sol evapora a água da superfície dos oceanos, libertando-a dos sais que a “contaminam”. O vento arrasta esta massa de água pela atmosfera e as diferenças de temperatura e de pressão atmosféricas fazem com que esta se precipite sobre os continentes. Assim, pela energia do Sol, a água é um recurso renovável porquanto está permanentemente em transformação do estado líquido para o gasoso e em constante regeneração movimentando-se continuamente entre oceanos, continentes e atmosfera, HYDRAM (2006) segundo o ciclo hidrológico.

## ***1.2 Ciclo Hidrológico***

A quantidade total de água existente na Terra é invariável. No entanto, esta está em permanente renovação e circulação entre oceanos, continentes e atmosfera.

Ao conjunto de processos, como a evaporação, condensação, precipitação, intercepção, transpiração, infiltração, armazenamento, escoamento superficial, escoamento subterrâneo, que mantêm a água em movimento dá-se o nome de ciclo hidrológico, HYDRAM (2006). O ciclo hidrológico faz a ligação entre todas as partes da hidrosfera: oceano e água na terra, isto é, à superfície, no solo, água subterrânea, assim

como a água existente nas outras componentes da natureza, por exemplo biosfera, Lvovitch (1970).

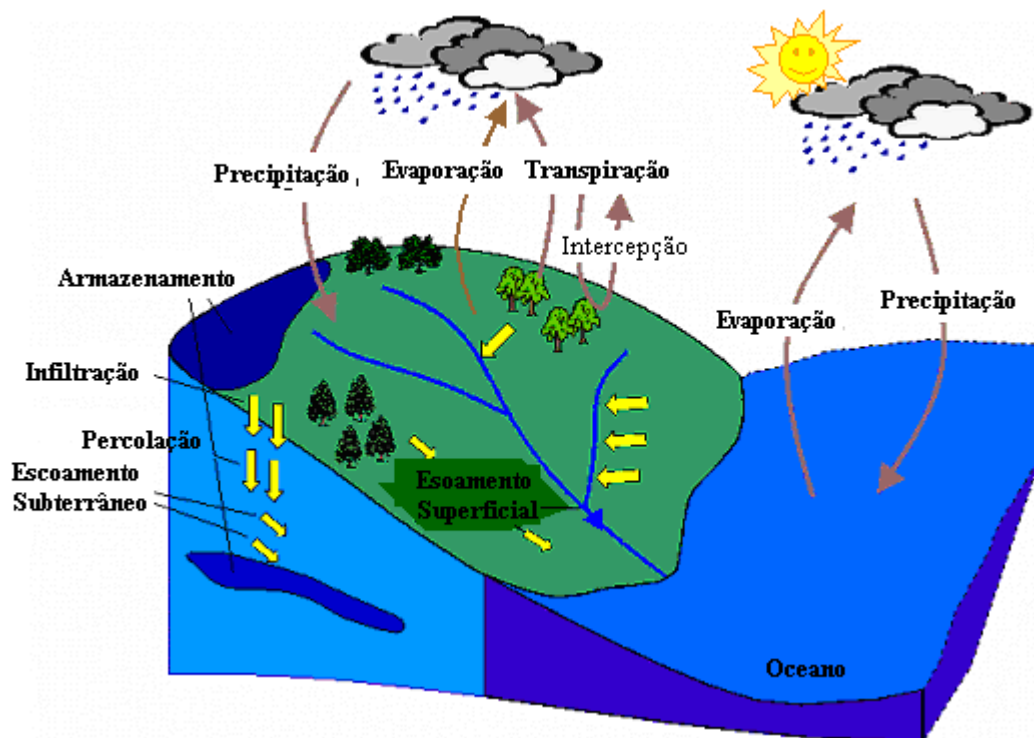


Figura 2 – Representação do ciclo hidrológico<sup>[40]</sup>

Num ciclo, não é possível estabelecer um ponto inicial e final. No entanto, para melhor descrever e analisar, considere-se a atmosfera como o ponto inicial do ciclo hidrológico. Pela análise da Figura 2 e Figura 3, que representam o ciclo hidrológico, vê-se que o vapor de água armazenado na atmosfera começa a condensar em nuvens, como resultado de diferentes factores, e a precipitar-se sob uma ou várias formas: chuva, granizo, chuva gelada, neve, orvalho e geada. Parte desta precipitação é devolvida, desde logo, à atmosfera: por evaporação ainda durante a precipitação, ou por evaporação à superfície da vegetação ou de infra-estruturas (intercepção); a outra parte atinge a superfície do solo, Lencastre e Franco (1992).

Da precipitação que atinge a superfície terrestre, parte infiltra-se no solo e outra parte é armazenada temporariamente à superfície. A água que se infiltra no solo pode, essencialmente, seguir quatro vias: ser escoada subterraneamente para o oceano; ser utilizada pela vegetação; ser evaporada directamente do solo; ou ir recarregar os cursos de água superficiais, Lencastre e Franco (1992).

Da precipitação que é armazenada temporariamente à superfície, uma parte é evaporada para a atmosfera (evaporação à superfície dos charcos, lagos e rios) e a outra parte

desloca-se, por escoamento superficial para os rios e finalmente para os oceanos. A primeira componente, e mais concretamente a evaporação à superfície de lagos, tem atingido ao longo dos anos uma importância crescente, resultado do aumento do número e área de reservatórios artificiais, como albufeiras resultantes de barragens, Lencastre e Franco (1992).

A água utilizada pela vegetação é devolvida à atmosfera através de um processo de transpiração. A água devolvida à atmosfera pela transpiração das plantas e pela evaporação da água armazenada no meio circundante (solos, coberto vegetal, superfície do terreno, lagos, rios) é designada por evapotranspiração, Lencastre e Franco (1992).

Por fim, a água chega aos oceanos onde é armazenada temporariamente e novamente evaporada para a atmosfera, Lencastre e Franco (1992).

Reforçamos que o uso de água doce não pode ser visto como a destruição de um recurso não renovável (como, por exemplo, o que se passa no consumo de combustíveis fósseis) mas entendido como um processo de degradação da sua qualidade pela incorporação de substâncias contaminantes (dissolução ou suspensão), perda de cota (como no caso dos aproveitamentos hidroeléctricos) ou alteração da sua capacidade de suporte dos ecossistemas (como no caso das drenagens ou construção de barragens). Assim, tem a vantagem de o seu mau uso actual (por exemplo, pela falta de uma rede eficiente de tratamento dos efluentes domésticos e industriais) não condiciona irremediavelmente a sua recuperação e uso futuro. Ressalva-se, no entanto, que a contaminação dos solos e reservatórios, por exemplo, com metais pesados, pode, terminada a causa da contaminação, perdurar durante muito tempo como factor de degradação da qualidade da água.

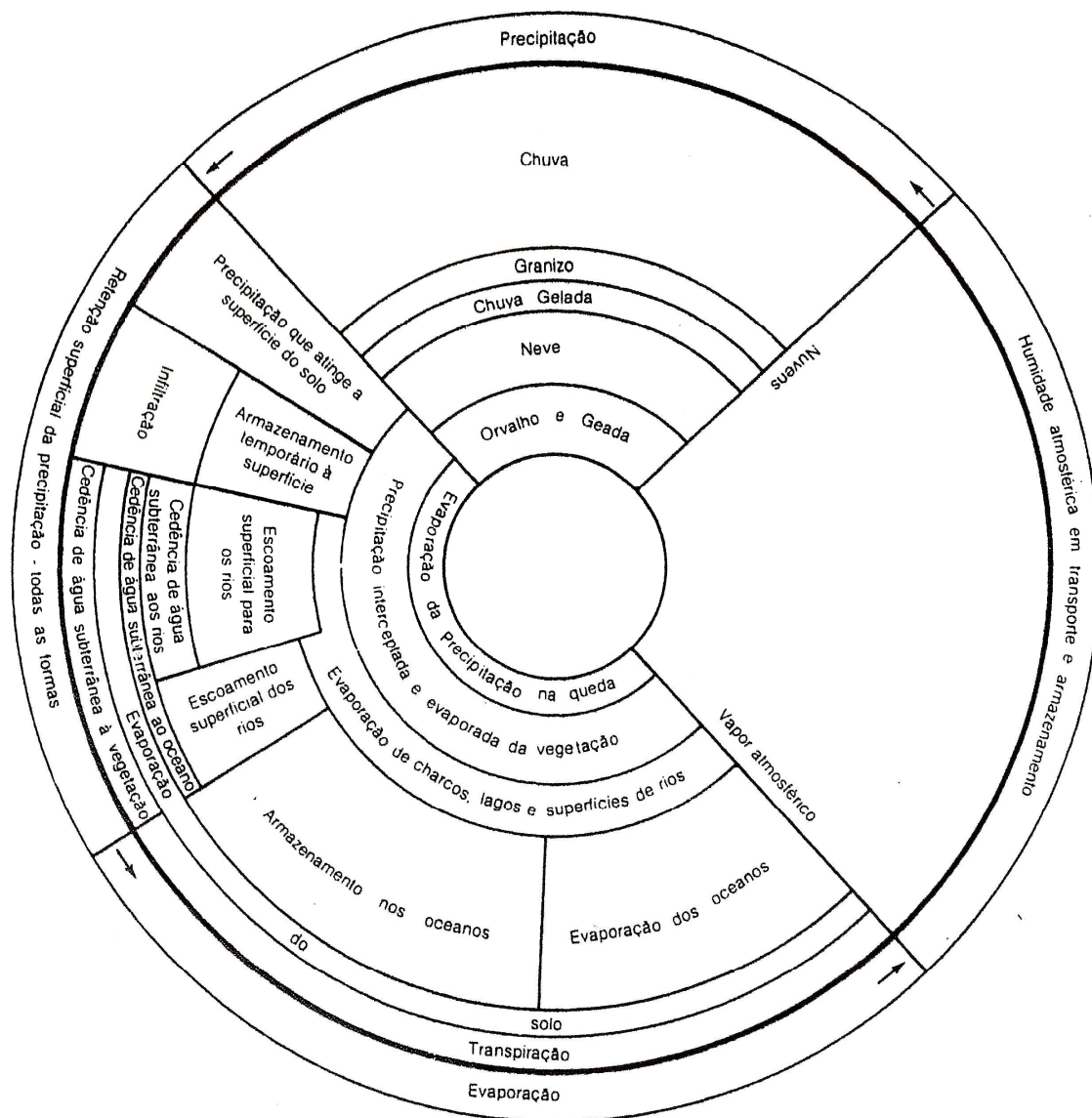


Figura 3 – Diagrama de Horton<sup>[55]</sup>

### 1.3 Balanço Hidrológico

À expressão quantitativa do processo definido como ciclo hidrológico dá-se o nome de balanço hidrológico, Lvovitch (1970).

Como referido atrás, estima-se que o mundo possua um total de cerca de 1,4 mil milhões de km<sup>3</sup> de água, Shiklomanov (1998). Tal volume permitia cobrir o globo terrestre com uma camada de água de 2,718 m de profundidade, Shiklomanov (1993).

Em termos globais, a evidência é no sentido de a quantidade de água existente à superfície se manter relativamente constante desde há 2 mil milhões de ano, Christopherson (2002).

O estudo do balanço hidrológico consiste na aplicação à hidrologia do princípio da conservação da massa, frequentemente referido como equação da continuidade. Esta diz que num qualquer volume arbitrário, e durante um qualquer período de tempo, a diferença entre o total de água que entra e que sai é balanceado pela diferença no volume de água armazenada, Nace (1971).

Aplicando a equação de continuidade a uma dada área durante um determinado período de tempo (que consideramos unitária) é possível estimar a quantidade de água presente da seguinte forma:

$$P - R - G - E - T = \Delta S$$

**Equação 1 – Equação básica da hidrologia**

onde:

P é precipitação [unidade de volume/unidade de tempo]

R é o escoamento superficial [unidade de volume/unidade de tempo]

$$R = R_{\text{sai}} - R_{\text{entra}}$$

$R_{\text{sai}}$  = escoamento que sai da área em estudo

$R_{\text{entra}}$  = escoamento que entra na área em estudo

G é o escoamento subterrâneo, [unidade de volume/unidade de tempo]

$$G = G_{\text{sai}} - G_{\text{entra}}$$

$G_{\text{sai}}$  = água subterrânea que sai da área em estudo

$G_{\text{entra}}$  = água subterrânea que entra na área em estudo

E é a evaporação [unidade de volume/unidade de tempo]

T é a transpiração [unidade de volume/unidade de tempo]

$\Delta S$  é a variação da água armazenada [unidade de volume/unidade de tempo]

Na prática, este método é relativamente bem sucedido em estudos locais onde os vários termos hidrológicos podem ser devidamente medidos e estimados, o que não acontece à escala global onde estas estimativas são muito grosseiras, HYDRAM (2006).

Em termos médios, não existe acumulação pelo que  $\Delta S$  vale zero.

### 1.4 Disponibilidade de água

Em termos genéricos, a água doce tem origem na chuva que cai sobre a superfície terrestre como resultado do ciclo hidrológico.

Cerca de 500 mil km<sup>3</sup> de água por ano evapora-se dos oceanos para a atmosfera, sendo que 90% desta precipita-se sobre os mesmos oceanos (Figura 4). No caso da evaporação verificada na superfície terrestre esta é de aproximadamente 75 mil km<sup>3</sup>, sendo que a precipitação anual média sobre a superfície terrestre totaliza aproximadamente 20% do total de precipitação em todo o globo, ou seja, 120 mil km<sup>3</sup>. Desta forma, verifica-se uma transferência contínua de água entre os oceanos e a superfície terrestre em cerca de 50 mil km<sup>3</sup>, Shiklomanov (1998).

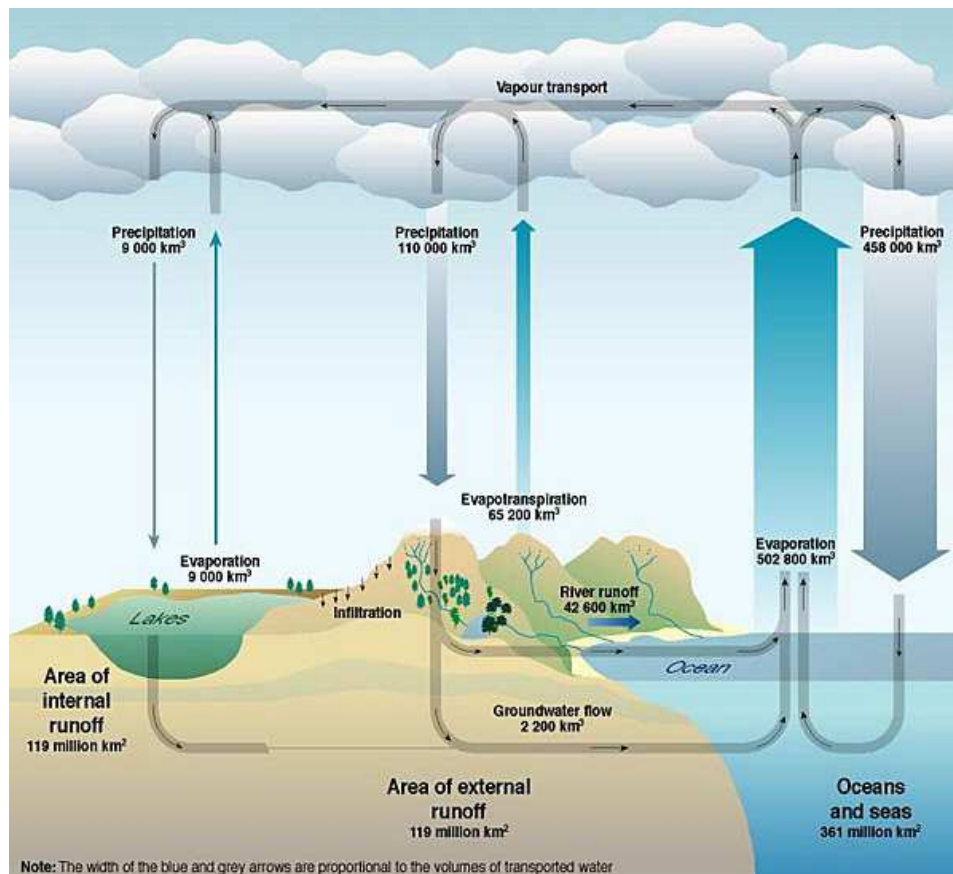


Figura 4 – Ciclo Hidrológico Mundial<sup>[91]</sup>

A evaporação total anual mundial, igual ao total de precipitação anual mundial, ascende a 577 mil km<sup>3</sup> (87% de oceanos e 13% da superfície terrestre). A quantidade média de água existente na atmosfera (sob a forma gasosa) é muito pequena (equivalente a cerca de 13 mil km<sup>3</sup> de água líquida) de forma que a água existente na atmosfera percorre o ciclo hidrológico rapidamente (em particular através das trocas entre a atmosfera e a

superfície terrestre e os oceanos) renovando-se cerca de 45 vezes por ano, ou seja, em média mantém-se apenas 8 dias no estado gasoso. Por comparação com estes 8 dias de tempo de residência médio de uma molécula de água na atmosfera, o tempo médio de residência que se verifica nos rios é 16 dias, 17 anos nos lagos e 2500 anos nos oceanos, Shiklomanov (1998).

A diferença entre o total de precipitação e evaporação média em superfície terrestre (120 mil – 75 mil = 45 mil km<sup>3</sup> por ano) representa o total de fluxo de água em solo terrestre, sendo que os rios são responsáveis por 43 mil km<sup>3</sup> e as águas subterrâneas (em drenagem directa para o oceano) por 2 mil km<sup>3</sup> (Figura 4). A esta diferença entre os totais médios de precipitação e de evaporação dá-se o nome de “média anual de recursos hídricos renováveis”, e representa a principal fonte de água doce necessária à vida e ao exercício das actividades económicas desenvolvidas pelo homem, Shiklomanov (1998). Destes 45 mil km<sup>3</sup>, nem todos são passíveis de utilização, uma vez que parte encontra-se em rios localizados em zonas remotas, e outra parte surge em cheias sazonais que chega aos oceanos sem que seja possível a sua captação. Apenas cerca de 30% do total da água em fluxo em solo terrestre é física e economicamente acessível ao homem, Jackson *et al* (2001).

Com já referido, as médias globais, escondem variações consideráveis a nível da distribuição da água, quer espacial quer temporal. Em grande parte do planeta, as reservas renováveis de água doce (quantidade de água disponível, todos os anos, numa base sustentável) têm origem em chuvas sazonais, que se verificam num intervalo de tempo tão curto que torna difícil o seu aproveitamento eficiente. Quanto à distribuição espacial da água, verifica-se que mais de metade do fluxo total desta acontece nas zonas inter-tropicais da Ásia, África e América do Sul, Sophocleous (2004).

Para o aproveitamento da água doce precipitada é necessário transformar os grandes fluxos que se concentram nos curtos períodos em que ocorre a chuva em fluxos estáveis ao longo do ano, o que apenas é possível através de armazenamento, que pode ser natural ou derivar da intervenção humana. No entanto, o volume total de água armazenada também tem limitações e, numa perspectiva humana, considerar a disponibilidade de água por pessoa (*per capita*), ou por unidade de área, é deveras mais útil para as políticas públicas. Nesta perspectiva, apesar de a Ásia ser o continente com o maior volume de água disponível por ano, também é este mesmo continente que tem a menor disponibilidade de água *per capita*, devido à sua elevada população. Da mesma



forma a Oceânia tem o menor volume de água disponível por ano, e a maior disponibilidade de água *per capita*, Sophocleous (2004).

Sendo que à escala global o problema de escassez de água não existe, a sua concentração, no tempo, e em regiões onde o seu uso é pouco significativo, faz com que este problema se manifeste apenas a escalas mais pequenas. À escala global, apenas cerca de 10% do total da precipitação em solo terrestre é efectivamente consumida. Mesmo à escala continental, a escassez de água não é evidente. Por exemplo, em África, que é depositária do maior deserto da Terra, como um todo, o balanço hídrico (considerando balanço como a diferença entre a disponibilidade e o consumo de água) é positivo. Contudo, à escala local (considerando como escala local a escala da bacia hidrográfica, a unidade básica natural dos recursos hídricos), os problemas do norte de África tornam-se muito visíveis, Sophocleous (2004).

Em termos de classificação, um país sofre de *stress* hídrico quando a disponibilidade de água média anual desce abaixo de 1700 m<sup>3</sup> de água *per capita*. Quando este valor baixa para 1000 m<sup>3</sup>, então diz-se que esse país enfrenta escassez de água, Falkenmark *et al* (1992). Com este critério, em 1995, 29 países (que totalizam cerca de 436 milhões de habitantes) enfrentaram *stress* hídrico ou escassez de água, Gardner-Outlaw *et al* (1997). Caso o *stress* e a escassez de água fosse calculado por regiões (e por semestre) em vez de por países e médias anuais, muitas mais regiões entrariam para a contagem. Por exemplo, o sul da China sofre cheias periódicas, enquanto o norte tem um problema crónico de falta de água, Sophocleous (2004).

Um desafio crítico na avaliação dos recursos hídricos consiste precisamente na gestão das diferentes escalas geográficas, Sophocleous (2004).

Devido aos desequilíbrios entre a disponibilidade de água e a distribuição populacional e mesmo à especificidade do recurso, que torna difícil, principalmente numa perspectiva económica, o seu transporte e distribuição, há já muitos países e regiões cuja disponibilidade da água é crítica, Sophocleous (2004).

### ***1.5 Captação de água***

Em todo o mundo, à excepção do continente europeu e da América do Norte, a agricultura é a actividade que mais água capta (Figura 5), contabilizando cerca de 70% do total. Por sua vez, a indústria contabiliza cerca de 20% e o consumo doméstico cerca

de 10% de toda a água captada, (Figura 6), FAO (2002). Neste tipo de análise não se contabiliza a água que normalmente precipita nos campos agrícolas.

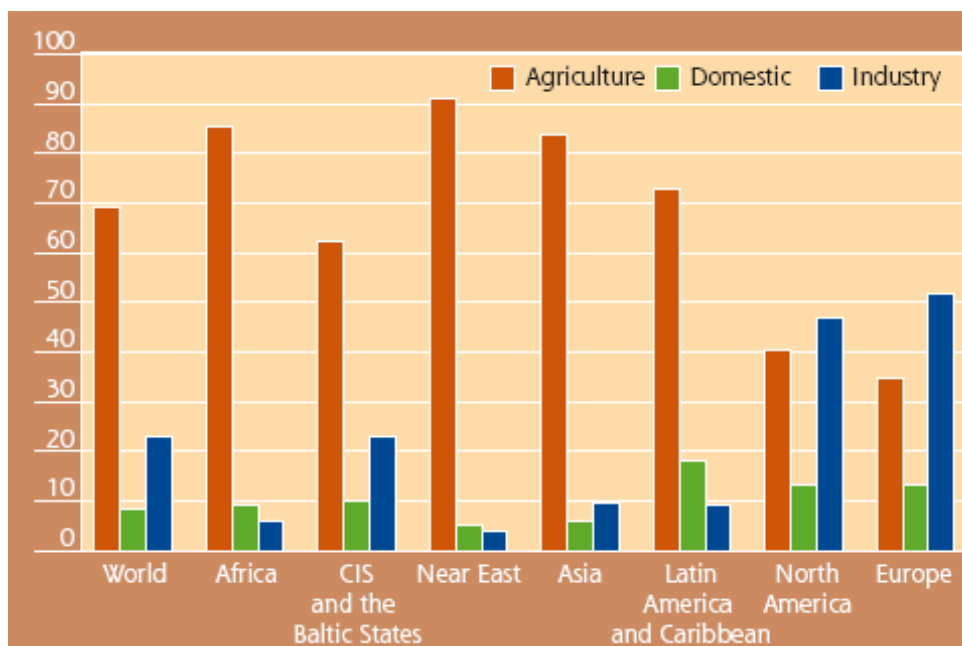


Figura 5 – Captação de água por região e por sector de actividade (em percentagem) <sup>[30]</sup>

|                       | 1950  | 1995  |
|-----------------------|-------|-------|
| <b>Agriculture</b>    |       |       |
| withdrawal            | 1 100 | 2 500 |
| per capita            | 437   | 436   |
| percentage of total   | 79    | 69    |
| <b>Industries</b>     |       |       |
| withdrawal            | 200   | 750   |
| per capita            | 79    | 131   |
| percentage of total   | 14    | 21    |
| <b>Municipalities</b> |       |       |
| withdrawal            | 100   | 350   |
| per capita            | 40    | 61    |
| percentage of total   | 7     | 10    |
| <b>Total</b>          |       |       |
| withdrawal            | 1 400 | 3 600 |
| per capita            | 556   | 628   |
| percentage of total   | 100   | 100   |

Note: All numbers are rounded.

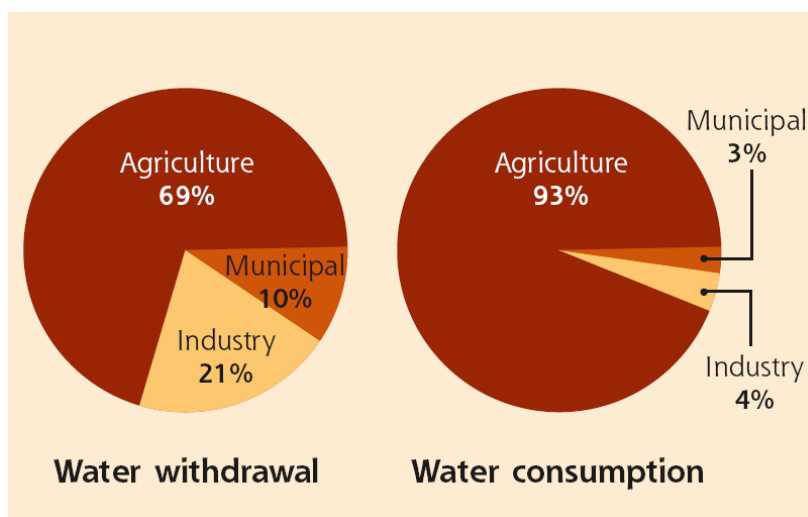
Figura 6 – Captação média global anual de água (km3/ano; m3/per capita; percentagem) <sup>[30]</sup>

A distinção entre água captada e água fisicamente consumida é deveras importante. Dos 3600 km3 de água recolhida ao meio hídrico anualmente, apenas cerca de metade é

efectivamente consumida. A rega é a grande responsável pelo total de água consumida, uma vez que mais de metade da água captada para esta actividade é fisicamente consumida, por evaporação, transpiração e incorporação por parte das plantas. A outra metade vai recarregar os rios (por drenagem superficial) e recarregar os aquíferos (por infiltração no solo e drenagem subterrânea), com um determinado grau (dependente das práticas agrícolas) de degradação da sua qualidade, FAO (2002).

Estes valores de consumo físico baixam drasticamente quando se fala em consumo doméstico, onde se estima que cerca de 90% da água captada, é novamente devolvida ao meio hídrico sobre a forma de águas residuais, e em consumo industrial onde se estima que apenas 5% da água seja efectivamente consumida, FAO (2002). No entanto, o grau de contaminação da água retornada é muito superior ao que acontece na agricultura (se as práticas agrícolas forem correctas).

À escala global, e assumindo valores relativos, a agricultura é responsável por cerca de 93% de toda a água fisicamente consumida anualmente. A indústria é responsável por cerca de 4% e, finalmente, o consumo doméstico resume-se a 3% do total médio anual de água consumida no mundo (ver Figura 7). Apesar de as águas retornadas pela agricultura apresentarem (principalmente nos países mais desenvolvidos) apenas uma ligeira degradação, o seu grande volume e a dificuldade de controlo fazem com que produza um importante impacto na qualidade dos recursos hídricos (principalmente, ao nível da sua contaminação com nitratos, fosfatos e pesticidas).



**Figura 7 – Captação e consumo de água por sector de actividade (em percentagem) <sup>[30]</sup>**

Como atrás referido, a água que é captada e não é fisicamente consumida regressa ao meio hídrico, através dos rios ou por infiltração no solo e recarga dos aquíferos, contudo com uma menor qualidade relativamente à água captada inicialmente, FAO (2002).

### ***1.6 Recursos Hídricos em Portugal<sup>a</sup>***

Qualquer política de gestão de recursos hídricos deve assentar no conhecimento profundo e actualizado do maior número de variáveis que condicionam a disponibilidade de água, em particular a sua distribuição espacial e temporal. A descrição quantitativa deste recurso é essencial para responder a questões sobre a quantidade de água disponível e o seu padrão de distribuição espacial e temporal. Só assim é possível identificar regiões com escassez de água crónica e conceber os meios para a sua solução, INAG (2002).

Toda a informação apresentada no presente capítulo foi retirada do mais extenso e actual estudo de caracterização de recursos hídricos em Portugal, que culminou no Plano Nacional da Água (PNA), datado de 2002, e que teve como objectivo definir as linhas estratégicas orientadoras da política de gestão de recursos hídricos portugueses.

Ao longo deste capítulo faremos um enquadramento da realidade dos recursos hídricos em Portugal, em particular no que concerne a:

- **Regime de Precipitações** (variações temporais e espaciais);
- **Evapotranspiração Potencial;**
- **Regime de Escoamento;**
- **Sistemas aquíferos existentes;**
- **Disponibilidades hídricas subterrâneas;**
- **Usos, consumos, necessidades e retornos de água;**

São ainda identificadas e caracterizadas as situações de **escassez de água**, de **sobre-exploração de aquíferos** e de **cheias**.

Esta capítulo tem como objectivo não só criar referências quanto à situação actual dos recursos hídricos em Portugal, mas principalmente realçar a multiplicidade de variáveis

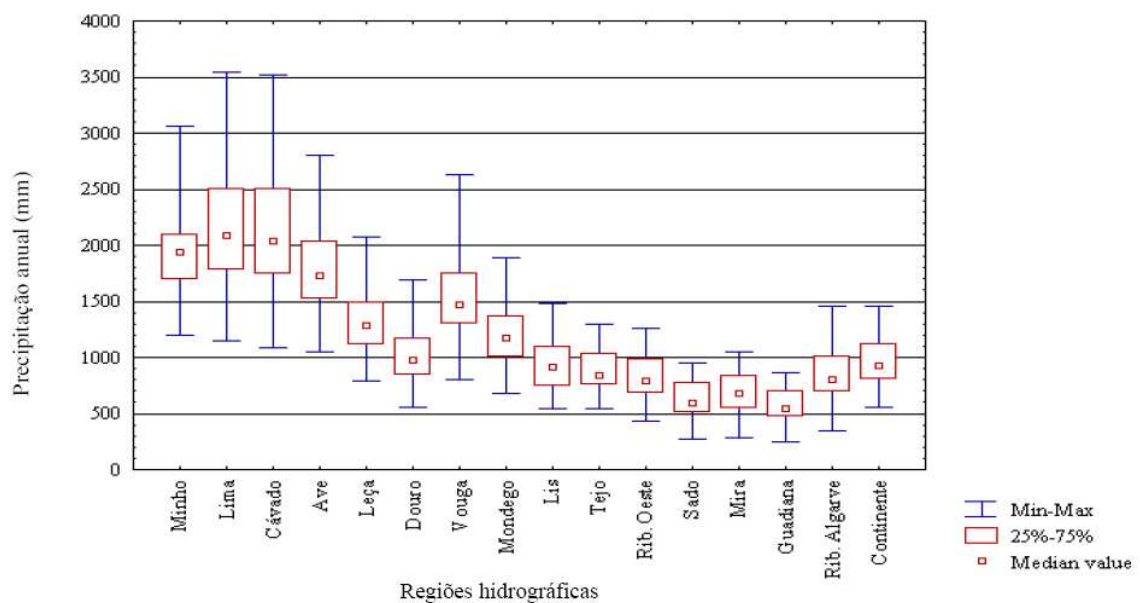
---

<sup>a</sup> [34] INAG (2002), “Plano Nacional da Água”, Volumes I e II, in: [www.inag.pt/inag2004/port/a\\_intervencao/planeamento/pna/pna.html](http://www.inag.pt/inag2004/port/a_intervencao/planeamento/pna/pna.html), acedido em 07/10/2007

existentes na problemática dos recursos hídricos (das quais apenas se apresentam algumas) que associadas a elevadas lacunas nos sistemas de recolha, tratamento de informação e produção de conhecimento criam grandes dificuldades na gestão dos recursos hídricos.

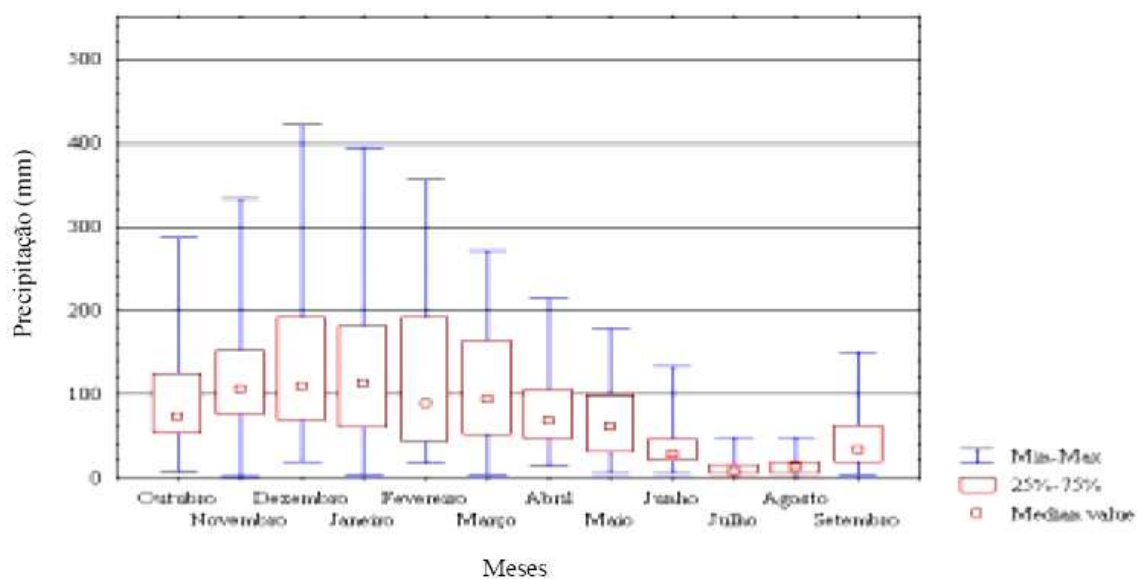
### 1.6.1 Regime de Precipitações

A precipitação anual média em Portugal Continental é cerca de 960 mm, o que corresponde um volume anual médio cerca de 85,7 km<sup>3</sup>. De um modo geral, as regiões a norte do Tejo têm precipitações médias superiores à média do País (ver, Figura 8), INAG (2002).



**Figura 8 – Precipitação anual média por Região Hidrográfica<sup>[41]</sup>**

A irregularidade da precipitação assume duas dimensões, a espacial (ver, Figura 8) e a temporal (ver, Figura 9).



**Figura 9 - Precipitação média mensal em Portugal Continental<sup>[41]</sup>**

De acordo com a Figura 9 e o Quadro 2, os máximos de precipitação observam-se entre os meses de Dezembro e Janeiro e os valores mínimos verificam-se entre os meses de Julho e Agosto. Cerca de 70% da precipitação concentra-se durante o semestre húmido, INAG (2002).

**Quadro 2 - Distribuição da precipitação mensal média por Região Hidrográfica<sup>[41]</sup>**

| Região Hidrográfica | Precipitação (mm) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                     | Out.              | Nov. | Dez. | Jan. | Fev. | Mar. | Abr. | Mai. | Jun. | Jul. | Ago. | Set. |
| Minho               | 185               | 232  | 275  | 265  | 248  | 206  | 145  | 141  | 77   | 31   | 46   | 103  |
| Lima                | 205               | 257  | 316  | 318  | 278  | 241  | 153  | 152  | 84   | 34   | 50   | 120  |
| Cávado              | 200               | 255  | 309  | 306  | 277  | 244  | 156  | 151  | 88   | 33   | 46   | 107  |
| Ave                 | 170               | 205  | 258  | 252  | 227  | 198  | 137  | 134  | 81   | 36   | 44   | 88   |
| Leça                | 134               | 166  | 192  | 189  | 159  | 145  | 101  | 95   | 51   | 17   | 24   | 61   |
| Douro               | 96                | 122  | 140  | 131  | 129  | 108  | 82   | 76   | 47   | 17   | 17   | 51   |
| Vouga               | 142               | 186  | 220  | 216  | 204  | 170  | 119  | 109  | 58   | 18   | 25   | 66   |
| Mondego             | 131               | 153  | 153  | 145  | 128  | 99   | 86   | 56   | 21   | 16   | 43   | 93   |
| Lis                 | 97                | 122  | 141  | 136  | 124  | 109  | 79   | 67   | 31   | 7    | 11   | 40   |
| Tejo                | 88                | 116  | 125  | 120  | 112  | 101  | 74   | 61   | 31   | 8    | 8    | 40   |
| Rib. Oeste          | 84                | 114  | 119  | 113  | 101  | 90   | 71   | 55   | 26   | 5    | 8    | 35   |
| Sado                | 64                | 82   | 93   | 85   | 81   | 75   | 56   | 38   | 17   | 4    | 3    | 24   |
| Mira                | 73                | 98   | 108  | 94   | 88   | 85   | 59   | 40   | 15   | 2    | 3    | 24   |
| Guadiana            | 60                | 75   | 83   | 73   | 70   | 70   | 53   | 36   | 19   | 3    | 3    | 23   |
| Rib. Algarve        | 85                | 122  | 138  | 120  | 111  | 102  | 70   | 44   | 17   | 2    | 4    | 25   |
| Continente          | 94                | 121  | 136  | 129  | 122  | 108  | 79   | 67   | 37   | 11   | 13   | 44   |

A irregularidade temporal não se limita à sazonalidade, havendo também flutuação inter-anual. Em termos extremos do século XX, os dados utilizados demonstram que em 1944/45 precipitação anual média foi de apenas 564 mm e em 1965/66 foi de 1466 mm.

### 1.6.2 Evapotranspiração Potencial

A evapotranspiração potencial (EVP) não é medida de forma sistemática na rede climatológica nacional, pelo que todos os valores apresentados foram estimados a partir de outras variáveis climáticas. Assim, a caracterização do regime de evapotranspiração potencial aqui apresentada foi determinada de acordo com o valor mensal de temperatura média diária, insolação, velocidade do vento e humidade, INAG (2002).

Tal como a precipitação, a evapotranspiração potencial é também caracterizada por uma acentuada variabilidade sazonal (ver Quadro 3).

**Quadro 3 – Distribuição da evapotranspiração potencial mensal média por Região Hidrográfica<sup>[41]</sup>**

| Região hidrográfica | Evapotranspiração potencial (mm) |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |
|---------------------|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
|                     | Out                              | Nov | Dez | Jan | Fev | Mar | Abr | Maio | Jun | Jul | Ago | Set |
| Minho               | 70                               | 40  | 29  | 30  | 40  | 65  | 92  | 129  | 150 | 172 | 159 | 105 |
| Lima                | 68                               | 40  | 29  | 30  | 40  | 66  | 93  | 124  | 144 | 164 | 150 | 102 |
| Cávado              | 62                               | 35  | 25  | 25  | 35  | 61  | 86  | 113  | 135 | 156 | 141 | 97  |
| Ave                 | 62                               | 36  | 26  | 26  | 35  | 62  | 87  | 111  | 131 | 149 | 134 | 95  |
| Leça                | 62                               | 37  | 29  | 29  | 37  | 62  | 86  | 107  | 125 | 140 | 127 | 91  |
| Douro               | 64                               | 35  | 24  | 24  | 34  | 62  | 88  | 117  | 144 | 172 | 156 | 105 |
| Vouga               | 71                               | 42  | 31  | 31  | 44  | 66  | 89  | 116  | 139 | 162 | 150 | 106 |
| Mondego             | 75                               | 46  | 34  | 33  | 45  | 63  | 84  | 111  | 135 | 162 | 154 | 110 |
| Lis                 | 109                              | 80  | 58  | 48  | 95  | 49  | 65  | 83   | 115 | 144 | 153 | 130 |
| Tejo                | 80                               | 48  | 34  | 33  | 43  | 65  | 88  | 120  | 146 | 181 | 167 | 119 |
| Rib Oeste           | 104                              | 73  | 53  | 45  | 52  | 54  | 71  | 94   | 125 | 163 | 161 | 131 |
| Sado                | 74                               | 40  | 29  | 31  | 42  | 71  | 98  | 133  | 158 | 184 | 168 | 117 |
| Mira                | 76                               | 44  | 33  | 35  | 44  | 72  | 97  | 129  | 151 | 177 | 159 | 117 |
| Guadiana            | 80                               | 43  | 29  | 32  | 42  | 74  | 103 | 142  | 174 | 206 | 187 | 130 |
| Rib Algarve         | 85                               | 51  | 40  | 40  | 49  | 79  | 104 | 137  | 158 | 186 | 174 | 126 |
| Continente          | 72                               | 40  | 29  | 30  | 40  | 69  | 94  | 126  | 151 | 177 | 162 | 112 |

Sendo que a evapotranspiração está condicionada principalmente pela temperatura do ar e pela velocidade do vento, da observação do Quadro 3 verifica-se que o valor da evapotranspiração potencial é mínimo nos meses de Dezembro a Janeiro (meses mais frios) e é máximo entre os meses de Julho a Agosto (meses mais quentes).

Notar que a evapotranspiração real, por estar dependente da disponibilidade de água à superfície, tem tendência a ser menor que a evapotranspiração potencial (Figura 11).

### 1.6.3 Regime de Escoamento

A variabilidade espacial e temporal das principais variáveis climáticas, e em particular da precipitação, são preponderantes na definição do regime de escoamento. Assim, à semelhança dos outros países do sul da Europa, Portugal caracteriza-se por ter um regime de escoamento com elevada irregularidade, onde o litoral norte húmido contrasta

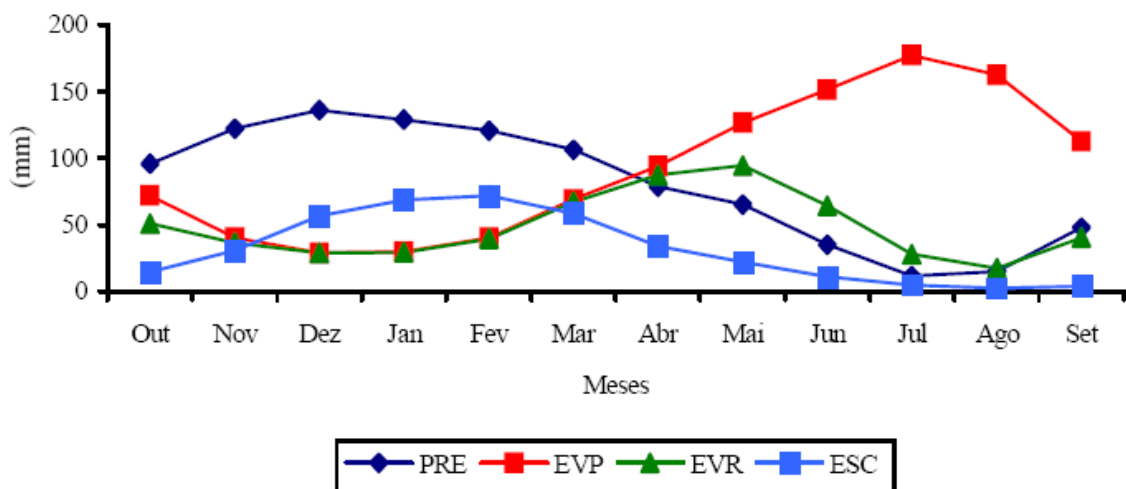
com o interior sul mais seco, com os meses de Inverno a concentrar os valores de escoamento mais elevados aos quais se seguem períodos de caudal reduzidos. Também a variabilidade inter-anual é muito acentuada, à semelhança do que foi dito para o regime de precipitações.

O escoamento anual médio em Portugal Continental é de 385 mm/ano, a que equivale um volume de 30,7 km<sup>3</sup>. De acordo com a Figura 10 verifica-se que os 962 mm/ano de precipitação média que ocorrem sobre Portugal continental dividem-se em 577 mm/ano de evapotranspiração real (i.e., que de facto ocorre) e 385 mm/ano de escoamento.



**Figura 10 – Balanço hidrológico médio em Portugal Continental<sup>[41]</sup>**

A Figura 11 mostra a variação média ao longo do ano das principais componentes do balanço hidrológico.



**Figura 11 – Síntese do balanço hídrico à escala mensal para Portugal Continental<sup>[41]</sup>**

PRE - Precipitação, EVP – Evapotransp. potencial, EVR – Evapotransp. real, ESC - Escoamento



É interessante verificar como o máximo da precipitação ocorre em Dezembro e o máximo do escoamento ocorre em Fevereiro. Este acontecimento deve-se ao facto de no início do ano hidrológico se verificar um baixo teor de humidade dos solos, fazendo com que as primeiras chuvas sirvam para aumentar a humidade contida nos solos e recarregar aquíferos. Com a saturação dos solos, a precipitação deixa de ser encaminhada para a recarga da humidade dos solos e origina um aumento de escoamento superficial. Esta característica justifica o desfasamento de picos.

Relativamente à evapotranspiração, verifica-se que a real tem o seu máximo em Maio, dois meses antes do máximo da potencial. Também aqui o factor humidade do solo é determinante, uma vez que apesar das condições climatéricas de Julho conduzirem a valores elevados de evapotranspiração potencial, a ausência de água no solo faz com que essa capacidade evaporativa não seja aproveitada.

O escoamento em Portugal Continental é caracterizado por uma acentuada sazonalidade, com cerca de 60% do escoamento anual médio a concentrar-se no semestre húmido (Quadro 4).

**Quadro 4 – Distribuição mensal do escoamento por bacia hidrográfica<sup>[41]</sup>**

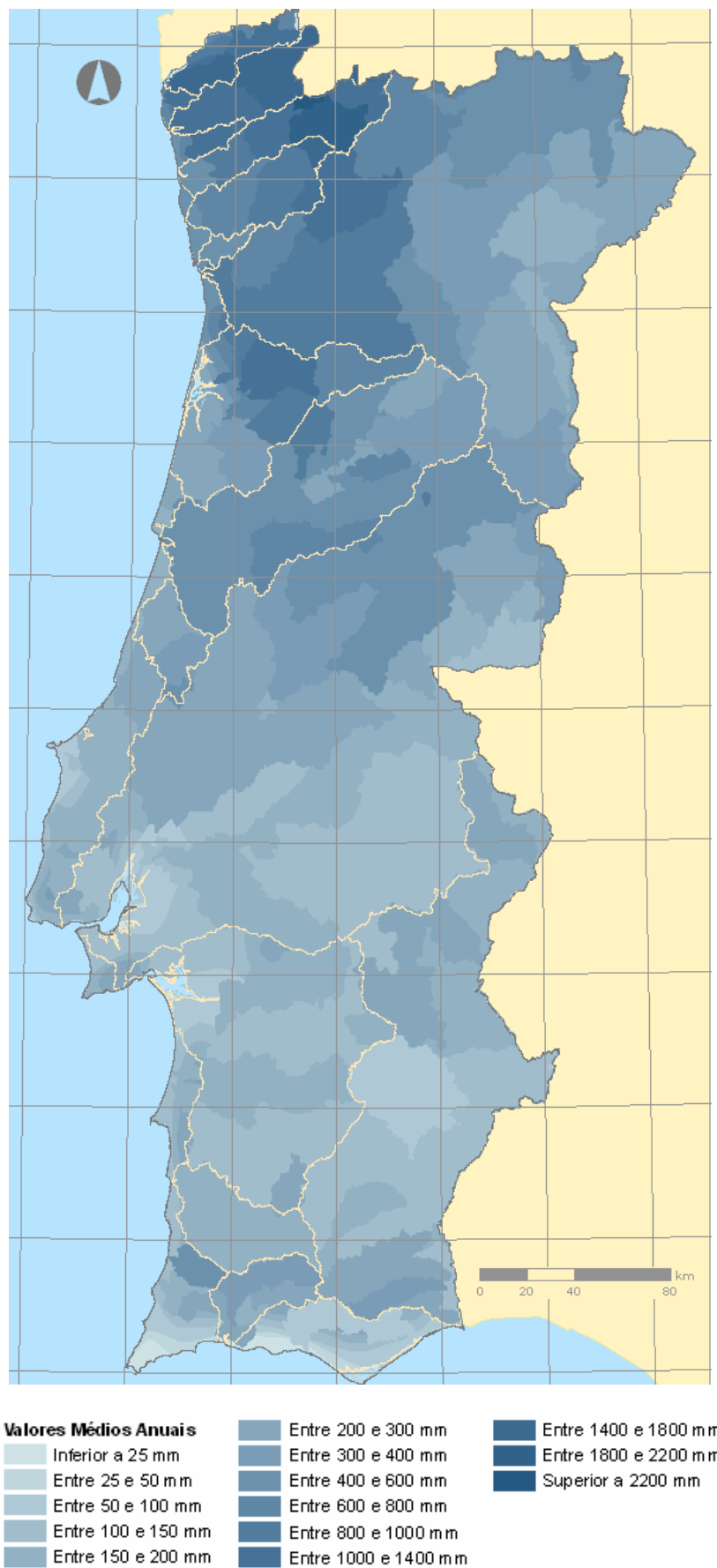
| Região Hidrográfica | Escoamento (mm) |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |
|---------------------|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|
|                     | Out             | Nov | Dez | Jan | Fev | Mar | Abr | Maio | Jun | Jul | Ago | Set | Ano  |
| Minho               | 103             | 160 | 222 | 228 | 210 | 158 | 84  | 66   | 21  | 3   | 8   | 39  | 1301 |
| Lima                | 69              | 124 | 200 | 240 | 233 | 197 | 125 | 94   | 50  | 21  | 12  | 26  | 1390 |
| Cávado              | 61              | 112 | 181 | 219 | 221 | 195 | 125 | 94   | 53  | 23  | 12  | 21  | 1318 |
| Ave                 | 31              | 59  | 113 | 149 | 159 | 145 | 102 | 75   | 45  | 21  | 11  | 10  | 920  |
| Leça                | 19              | 39  | 71  | 95  | 99  | 91  | 62  | 44   | 24  | 10  | 4   | 4   | 562  |
| Douro               | 20              | 43  | 76  | 89  | 94  | 73  | 43  | 29   | 14  | 6   | 3   | 4   | 495  |
| Vouga               | 31              | 65  | 124 | 151 | 154 | 118 | 67  | 48   | 26  | 14  | 8   | 7   | 814  |
| Mondego             | 16              | 36  | 72  | 93  | 99  | 79  | 49  | 33   | 19  | 10  | 5   | 4   | 515  |
| Lis                 | 8               | 17  | 42  | 61  | 69  | 54  | 31  | 17   | 6   | 3   | 1   | 1   | 310  |
| Rib. Oeste          | 10              | 20  | 26  | 28  | 28  | 26  | 19  | 13   | 6   | 2   | 1   | 2   | 181  |
| Tejo                | 6               | 14  | 30  | 42  | 49  | 46  | 29  | 19   | 10  | 5   | 2   | 2   | 252  |
| Sado                | 3               | 9   | 29  | 36  | 39  | 29  | 7   | 2    | 0   | 0   | 0   | 0   | 155  |
| Mira                | 5               | 14  | 39  | 43  | 43  | 36  | 9   | 3    | 0   | 0   | 0   | 0   | 191  |
| Guadiana            | 6               | 15  | 35  | 36  | 35  | 26  | 8   | 3    | 1   | 0   | 0   | 0   | 167  |
| Rb Algarve          | 6               | 16  | 39  | 39  | 41  | 35  | 18  | 8    | 3   | 1   | 0   | 0   | 207  |
| Continente          | 14              | 30  | 57  | 69  | 73  | 60  | 35  | 23   | 12  | 5   | 3   | 4   | 385  |

Em termos de valores extremos, a bacia hidrográfica do rio Lima apresenta cerca de 1400 mm de escoamento anual médio e a bacia hidrográfica do rio Sado apresenta cerca de 150 mm de escoamento anual médio.

Uma representação espacial do escoamento anual médio em Portugal Continental, realça o contraste dos rios do norte em relação aos rios do sul, apresentando os rios a norte da bacia hidrográfica do rio Tejo disponibilidades anuais médias superiores à média do Continente (Figura 12).

A representação espacial, com base em unidades geográficas inferiores à bacia hidrográfica (sub-bacias) como à que se apresenta na Figura 12, permite ainda distinguir sub-bacias com diferente disponibilidade de recursos hídricos, como é o caso das sub-bacias da margem norte do Tejo com uma clara maior disponibilidade de recursos hídricos que as sub-bacias da margem sul.

É ainda assinalável a escassez de recursos no interior da bacia hidrográfica do rio Douro (Figura 12).



**Figura 12 – Distribuição espacial do escoamento anual médio em Portugal Continental**

Para avaliar as disponibilidades hídricas regularizadas, apresenta-se no Quadro 5 estimativas do seu valor para a foz de cada bacia hidrográfica (por excesso pois assume-se que a capacidade de armazenamento de cada bacia se concentra num único ponto localizado na foz). Os valores apresentados constituem aproximações dos reais valores regularizados.

**Quadro 5 – Disponibilidades em regime regularizado<sup>[41] b</sup>**

| Região hidrográfica | Capacidade de armazenamento das bacias hidrográficas em território nacional (hm <sup>3</sup> ) | Escoamento anual (Regime natural nas BH nacionais e regime actual nas BH Internacionais) (hm <sup>3</sup> ) |              |              | Escoamento anual (Regime regularizado) (hm <sup>3</sup> ) |              |              |
|---------------------|--|---|--------------|--------------|---|--------------|--------------|
|                     |  | Garantia 90%  | Garantia 80% | Garantia 50% | Garantia 90%  | Garantia 80% | Garantia 50% |
| Minho               | 0.2  | 5821  | 6594         | 8416         | 5931  | 6693         | 8465         |
| Lima                | 400  | 1605  | 1947         | 2730         | 2110  | 2462         | 3065         |
| Cávado              | 1180   | 1089  | 1432         | 1892         | 1769  | 1960         | 2099         |
| Ave                 | 100  | 546   | 722          | 1132         | 612   | 794          | 1048         |
| Leça                | 0  | 37  | 56           | 94           | 38  | 60           | 94           |
| Douro               | 1078   | 8790  | 11806        | 17291        | 9112  | 11920        | 17841        |
| Vouga               | 1  | 675   | 1092         | 1758         | 721   | 1108         | 1732         |
| Mondego             | 540  | 911   | 2166         | 3454         | 1452  | 2324         | 3430         |
| Lis                 | 0  | 49  | 93           | 227          | 63  | 121          | 225          |
| Rib. Oeste          | 1  | 113   | 154          | 267          | 131   | 163          | 267          |
| Tejo                | 2750   | 1027  | 2373         | 5430         | 6398  | 8878         | 14021        |
| Sado                | 771  | 19  | 182          | 822          | 612   | 716          | 918          |
| Mira                | 486  | 0   | 60           | 266          | 268   | 289          | 291          |
| Guadiana            | 460  | 660   | 1001         | 2944         | 962   | 1476         | 3156         |
| Rib. Algarve        | 63   | 25  | 104          | 298          | 105   | 160          | 327          |
| Continente          | 7830,2   | 21367   | 29782        | 47021        | 30284   | 39124        | 56979        |

### 1.6.4 Sistemas aquíferos

A diversidade hidrogeológica do País resultado da variedade de formações litológicas onde ocorrem os aquíferos é responsável pela existência de vários tipos de funcionamento hidráulico, pela multiplicidade de conexões hidráulicas com outros subsistemas, pela variabilidade das produtividades observadas e pela variedade dos sentidos de fluxo.

Em termos de extensão geográfica os aquíferos porosos são os que ocupam uma maior parcela (60%) da área coberta pela totalidade dos sistemas (cerca de 18 mil km<sup>2</sup>).

<sup>b</sup> Os dados apresentados não entram em consideração com a capacidade de regularização criada pela barragem do Alqueva.

**Quadro 6 - Tipos litológicos em cada sistema aquífero<sup>[41]</sup>**

| CÓD.                        | SISTEMA AQUÍFERO                      | TIPO           |
|-----------------------------|---------------------------------------|----------------|
| <b>ORLA MERIDIONAL</b>      |                                       |                |
| M6                          | Albufeira - Ribeira de Quarteira      | poroso-cársico |
| M2                          | Almádena – Odeáxere                   | Cársico        |
| M9                          | Almansil – Medronhal                  | Cársico        |
| M12                         | Campina de Faro                       | poroso-cársico |
| M11                         | Chão de Cevada - Quinta João de Ourém | Cársico        |
| M1                          | Covões                                | Cársico        |
| M4                          | Ferragudo – Albufeira                 | Poroso-cársico |
| M15                         | Luz – Tavira                          | Poroso-cársico |
| M14                         | Malhão                                | Cársico        |
| M3                          | Mexilhoeira Grande – Portimão         | Poroso-cársico |
| M17                         | Monte Gordo                           | Poroso         |
| M13                         | Peral – Moncarapacho                  | Cársico        |
| M7                          | Quarteira                             | Poroso-cársico |
| M5                          | Querença – Silves                     | Cársico        |
| M16                         | São Bartolomeu                        | Cársico        |
| M8                          | São Brás de Alportel                  | Cársico        |
| M10                         | São João da Venda – Quelfes           | Poroso-cársico |
| <b>BACIA DO TEJO - SADO</b> |                                       |                |
| T4                          | Aluviões de Abrantes                  | Poroso         |
| T5                          | Aluviões de Constância                | Poroso         |
| T2                          | Aluviões do Tejo                      | Poroso         |
| T1                          | Bacia do Tejo-Sado / Margem Direita   | Poroso-cársico |
| T2                          | Bacia do Tejo-Sado / Margem Esquerda  | Poroso         |

| CÓD.                  | SISTEMA AQUÍFERO                   | TIPO              |
|-----------------------|------------------------------------|-------------------|
| <b>ORLA OCIDENTAL</b> |                                    |                   |
| O19                   | Alpedriz                           | Poroso            |
| O6                    | Aluviões do Mondego                | Poroso            |
| O4                    | Anã – Cantanhede                   | Cársico           |
| O24                   | Cesareda                           | Cársico           |
| O7                    | Figueira da Foz – Gesteira         | Poroso            |
| O27                   | Lagoa de Óbidos                    | Poroso            |
| O10                   | Leirosa - Monte Real               | Poroso            |
| O3                    | Liásico a Norte do Mondego         | Cársico-fissurado |
| O9                    | Liásico Penela – Tomar             | Cársico-fissurado |
| O18                   | Maceira                            | Cársico           |
| O20                   | Maciço Calcário Estremenho         | Cársico           |
| O17                   | Nazaré                             | Poroso            |
| O26                   | Ota – Alenquer                     | Cársico           |
| O15                   | Ourém                              | Poroso            |
| O23                   | Paços                              | Poroso            |
| O16                   | Pataias                            | Cársico           |
| O28                   | Pisões – Atrozela                  | Cársico           |
| O14                   | Pousos – Caranguejeira             | Poroso-cársico    |
| O11                   | Sicó – Alvaiázere                  | Cársico           |
| O2                    | Subsistema Cretácico de Aveiro     | Poroso-cársico    |
| O1                    | Subsistema Quaternário de Aveiro   | Poroso            |
| O5                    | Tentúgal                           | Poroso            |
| O25                   | Torres Vedras                      | Poroso            |
| O27                   | Vale de Lobos                      | Poroso            |
| O21                   | Vale Tifónico das Caldas da Rainha | Poroso            |
| O8                    | Verride                            | Cársico           |
| O12                   | Vieira de Leiria - Marinha Grande  | Poroso            |
| O29                   | Condeixa-Alfarelos                 | Poroso-cársico    |
| O30                   | Viso-Queridas                      | Poroso            |
| O13                   | Louriçal                           | Poroso            |
| <b>MACIÇO ANTIGO</b>  |                                    |                   |
| A8                    | Bacia de Alvalade                  | Poroso-cársico    |
| A5                    | Elvas - Vila Boim                  | Cársico           |
| A2                    | Escusa                             | Cársico           |
| A4                    | Estremoz – Cano                    | Cársico           |
| A9                    | Gabros de Beja                     | Poroso-fissurado  |
| A3                    | Monforte                           | Cársico-fissurado |
| A10                   | Moura – Ficalho                    | Cársico-fissurado |
| A7                    | Sines                              | Poroso-cársico    |
| A1                    | Veiga de Chaves                    | Poroso            |
| A6                    | Viana do Alentejo – Alvito         | Cársico-fissurado |

Os sistemas aquíferos são geologicamente dependentes, o que condiciona definitivamente os fluxos locais, com reflexos inevitáveis na circulação de poluentes nos meios aquíferos e na distribuição espacial dos valores de produtividade.

Da totalidade dos sistemas aquíferos, cerca de metade são mono-camada em regime livre ou confinado e outra metade são sistemas multi-camada, muito deles com importantes conexões hidráulicas entre as unidades aquíferas que os compõem.

Assim, parâmetros como a transmissividade (parâmetro hidrogeológico que corresponde à capacidade de um meio para transmitir água, INETI (2004)) ou o coeficiente de armazenamento (parâmetro hidrogeológico adimensional que corresponde ao volume de água libertado por uma coluna de aquífero de altura igual à sua espessura e secção unitária, ao diminuir a carga hidráulica - nível piezométrico - de uma unidade, INETI (2004)) são indicadores importantes para avaliar a dinâmica e valor económico de um aquífero, INAG (2002).

A Figura 13 mostra a mediana dos valores de produtividade dos sistemas aquíferos agrupados por tipos litológicos. Esta mostra que os sistemas de características porosas (PORO) são em média os mais produtivos com um valor de mediana de 13,3 l/s. Seguem-se os sistemas mistos carsico-porosos (POCA) com um valor de 7,15 l/s e os cársicos (CARS) com 6,7 l/s. Para além dos aqui apresentados, importa referir os sistemas fissurados, que formam a maior parte das formações hidrogeológicas indiferenciadas, e que se estima terem uma produtividade de cerca de 1,00 l/s.



**Figura 13 - Mediana dos valores de produtividade (em l/s) dos sistemas aquíferos agrupados por tipos litológicos<sup>[41]</sup>**

À água infiltrada que vai atingir a superfície freática considerada designa-se como recarga.

Identificam-se em geral as seguintes fontes de recarga num sistema hidrogeológico:

- Precipitação
- Cursos de água e lagos

- Fluxos inter-aquíferos
- Retornos por regas

A escassez de dados e de informação disponível apenas permite estimar valores médios de recarga efectiva por precipitação.

As taxas de recarga média anual estimadas para os sistemas aquíferos e formações hidrogeológicas indiferenciadas oscilam entre os 5% (da precipitação) para os xistos até valores superiores a 50% para as formações cársicas.

Ao volume de água subterrânea que o aquífero ou formação hidrogeológica pode fornecer em condições naturais dá-se o nome de Disponibilidade Hídrica Subterrânea (DHS). Para a determinação dos valores que aqui se apresentam não se entrou em consideração com os volumes provenientes de fenómenos de recarga induzida ao longo de cursos de água, lagos, aquíferos, entre outros, apenas considerando a parcela associada à recarga por infiltração da chuva.

A Figura 14 mostra que os maiores valores de DHS estão associados a aquíferos cársicos (Ota-Alenquer, Sicó, Maciço Calcário Estremenho) e os menores às formações cristalinas (Maciço Antigo das Bacias Hidrográficas).

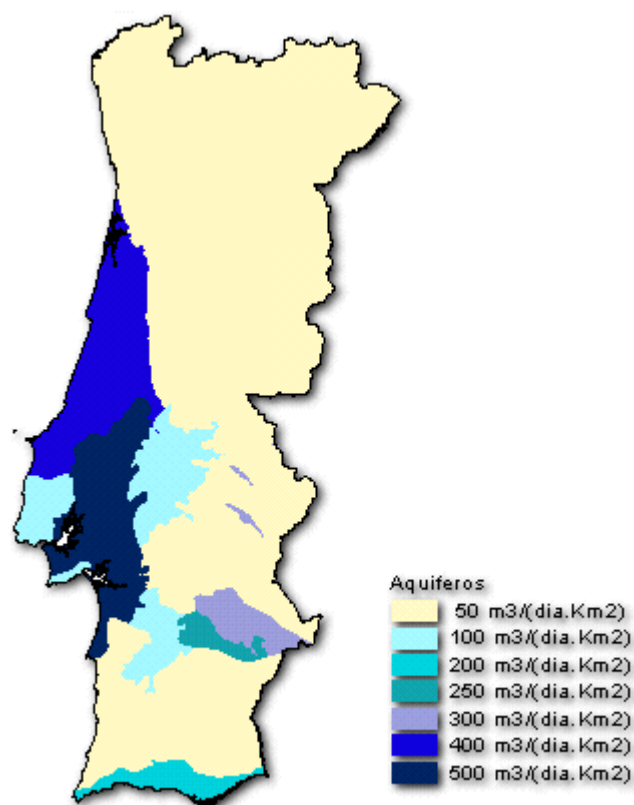


Figura 14 – Disponibilidades hídricas subterrâneas de Portugal<sup>[41]</sup>

### 1.6.5 Usos, consumos, necessidades e retornos de água

Para a análise económica das utilizações da água, bem como para a determinação das situações de escassez (através de balanço hídrico) ou da identificação das causas do estado da qualidade da água e da adequação desta aos usos actuais, ou ainda para a análise do ordenamento do território (em particular no que se refere à protecção dos recursos hídricos e à segurança de pessoas e bens), é fundamental caracterizar os usos, consumos e necessidades de água, INAG (2002).

O termo **Usos** é considerado como o termo mais genérico onde se incorporam a utilização de superfícies e de volumes de água, a alteração das características das águas e dos regimes naturais dos seus fluxos e de produtos gerados pelos recursos hídricos, INAG (2002).

Os **Consumos** são volumes efectivamente retirados dos meios hídricos e que, embora gerando retornos, são os utilizados nas actividades humanas, tais como consumo doméstico e industrial, regadio, refrigeração, incluindo neles as perdas (fugas e consumos não contabilizados) associados aos sistemas de captação, tratamento, transporte, armazenamento e distribuição, INAG (2002). Assim, o consumo não implica uma destruição da água mas traduz uma evidente degradação das suas qualidades.

As **Necessidades** de água são entendidas como sendo os volumes que deveriam estar disponíveis para satisfazer a quantidade procurada ao preço actual, INAG (2002). Existirá diferença entre as necessidades e os consumos (*i.e.*, haverá necessidade de racionamento do uso), quando o preço de venda ficar aquém dos custos de captação, tratamento, transporte e disponibilização da água ao consumidor (em termos marginais).

Uma gestão sustentável dos recursos hídricos tem, obrigatoriamente, que dar grande importância à conservação da biodiversidade. Desta forma, a manutenção da “integridade ecológica” é um factor determinante na gestão da água. Assim, na análise dos usos, consumos, necessidade e retornos, é fundamental levar em consideração as condicionantes ambientais, enquadrando-as num contexto espacial e temporal.

No sentido de minimizar os impactes sobre os ecossistemas, principalmente a jusante de aproveitamentos hidráulicos, é fundamental caracterizar o regime de caudais ecológicos.

Caudais ecológicos são caudais mínimos, a manter no curso de água, que permitam assegurar a conservação e manutenção dos ecossistemas aquáticos naturais, a produção



das espécies, a conservação e manutenção dos ecossistemas ripícolas bem como os aspectos estéticos da paisagem ou outros de interesse científico ou cultural.

No entanto, a preservação da integridade ecológica deve ter ainda em conta a componente física da própria dinâmica dos recursos hídricos. Assim, para além do caudal ecológico, são também frequentemente considerados caudais de limpeza para a remoção de materiais finos depositados, caudais para a manutenção da estrutura do leito e da sua capacidade de transporte, caudais para manutenção da zona ripária, leito de cheia e características do vale, manutenção do nível freático, assim como para manutenção dos ecossistemas associados aos cursos de água, tais como zonas húmidas e estuários.

Ao conjunto destes caudais, incluindo também o caudal ecológico, dá-se o nome de caudal ambiental.

Excluindo-se a componente ecológica (que é de muito difícil valoração), os usos urbano, industrial, em regadio, no turismo, em produção de energia eléctrica, em aquaculturas, entre outras (nestas englobando a extracção de inertes e a navegação comercial e recreativa) resumem as mais importantes utilizações económicas da água, INAG (2002).

Os usos, consumos e necessidades de água urbanas englobam o consumo doméstico das populações, o uso no comércio, nos serviços e nas actividades municipais (tais como, lavagens de ruas e rega de jardins).

Em todos os usos urbanos estão incorporadas as perdas e nestas se incluem as fugas e os volumes não contabilizados ou contabilizados mas não facturados.

Um dos indicadores de qualidade de vida das populações, usado internacionalmente, é a taxa de população servida por sistemas de abastecimento de água. Apesar do baixo valor relativo do volume de água utilizada no abastecimento urbano, esta é fundamental à saúde pública, à alimentação, à higiene e a algumas actividades económicas. Neste sentido, é uma obrigação garantir uma elevada taxa de cobertura e um elevado nível de serviço em qualidade, pressão, permanência e atendimento.

Em Portugal Continental, cerca de 8,1 milhões de habitantes, ou seja, 85% da população residente, e as instalações hoteleiras para cerca de 27 milhões dormidas (dados de 1998), exigem uma disponibilidade água média anual de  $560 \times 10^6 \text{ m}^3$  para a população

residente e  $10 \times 10^6 \text{ m}^3$  para a população turística. A população não abastecida por sistema público atinge os 15%, ou seja, cerca de 1,4 milhões de habitantes.

Para uma redução em 95% da taxa de não atendimento, tendo em conta as captações médias actuais, chega-se à conclusão que ainda é necessário “produzir”  $63 \times 10^6 \text{ m}^3$  de água por ano. A este volume de água deverá somar-se o volume de água correspondente às necessidades da indústria na malha urbana e da evolução em crescimento do turismo.

Relativamente às perdas de água dos sistemas, apesar de não existir informação suficiente para uma avaliação rigorosa, estima-se que o seu valor médio nacional rondará os 35% (incluído volumes, que embora medidos, não são facturados por diversas razões).

Em Portugal Continental, cerca de 37% da população e 40% do consumo de água provêm de fontes subterrâneas.

Levantam-se actualmente algumas questões, quanto ao abastecimento de água urbana, que se prendem fundamentalmente com o seguinte:

- Elevado número de entidades gestoras e de sistemas, com um reduzido número de consumidores, com captações de águas independentes, com sustentabilidade económico-financeira, garantia de fiabilidade técnica e qualidade de serviço reduzidas.
- Impossibilidade de associar com rigor os consumos aos sectores económicos e a afectação das perdas dos sistemas;
- Inexistência de uma base de dados nacional sobre o licenciamento das utilizações dos recursos hídricos;

A falta de dados estatísticos sistemáticos, as diferentes formas de abastecimento, as incertezas quanto às tecnologias e processos e o desconhecimento das matérias e substâncias utilizadas, tornam o conhecimento real dos **consumos e necessidades da indústria** particularmente difíceis de determinar.

Na falta de informação precisa, e com o objectivo de estimar as quantidades de água utilizada e consumida na indústria, os valores aqui apresentados resultam do recurso a métodos indirectos, nomeadamente, em função da área ocupada, do número de trabalhadores, ou da unidade de matéria-prima ou produto.

Os sectores de actividade económica que mais água consomem são: Indústrias alimentares e das bebidas; Fabricação de têxteis; Indústrias de madeiras e da cortiça; Fabricação de pasta de papel e cartão; Fabricação de produtos químicos; Indústrias metalúrgicas de base.

Os valores de consumos de água para a indústria atingem os 385 hm<sup>3</sup> médios anuais.

A nível nacional, a produção de pasta de papel e cartão é o sector de actividade que mais água consome com 150 hm<sup>3</sup> médios anuais. Apenas quatro sectores de actividade industrial consomem 80% do valor total, e os 90% do consumo são atingidos com 8 sectores de actividade.

À semelhança da água destinada a consumo urbano, também no âmbito da actividade industrial interessa conhecer os volumes rejeitados para os introduzir no balanço hídrico.

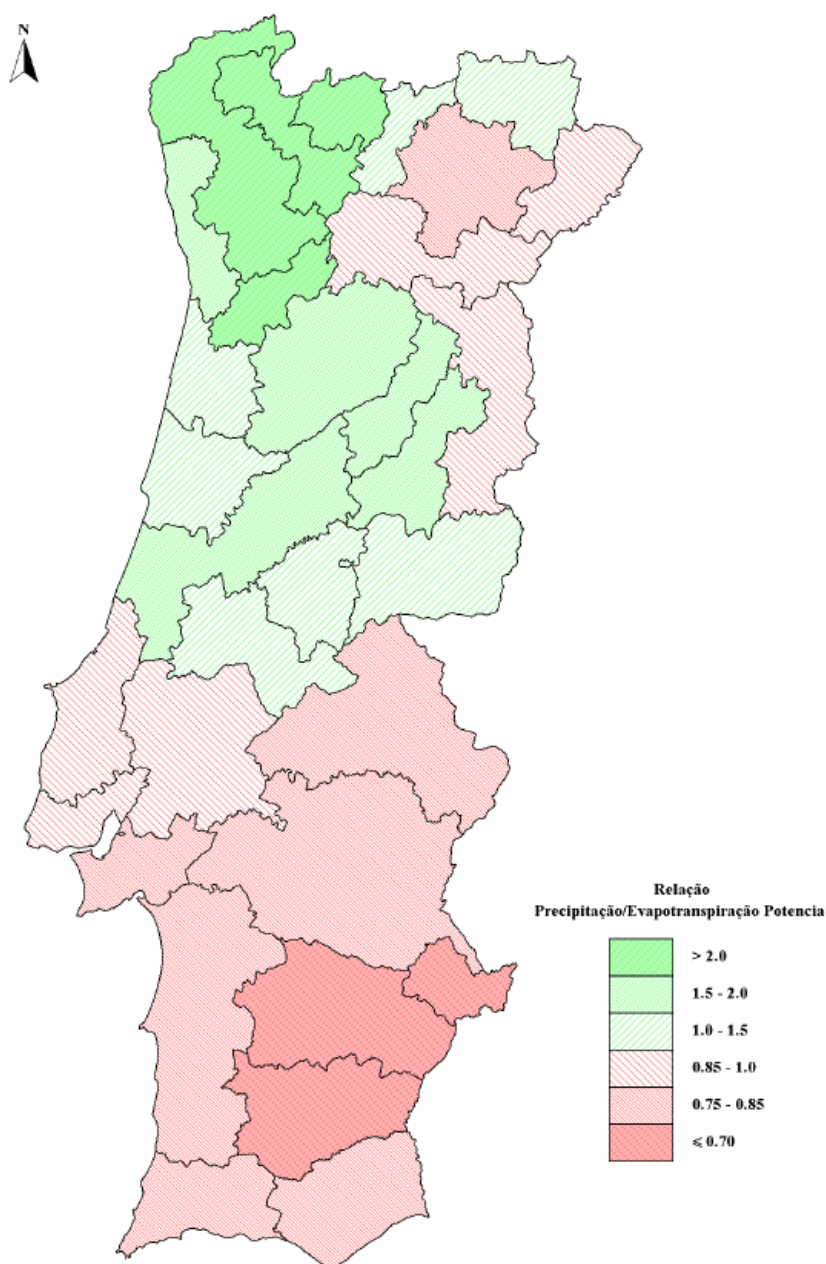
A situação actual dos usos, consumos e necessidades de água do sector industrial, a nível nacional, caracteriza-se por:

- A grande maioria das unidades industriais localiza-se em malha urbana. Desta forma utiliza também água da rede pública com a qualidade necessária à do consumo humano, em muitos casos, excessiva para as utilizações industriais.
- Apenas 11 sectores de actividade industrial que consomem 96% da totalidade da água utilizada pela indústria, destacando-se as indústrias de fabricação de pasta de papel e cartão e as unidades alimentares e das bebidas.
- Existe algumas situações problemáticas quanto à localização de actividades industriais, grandes consumidoras de água, em particular no que toca à garantia de água para a sua laboração e à capacidade do meio receptor para a rejeição de águas residuais que, geralmente, sofrem deficiente tratamento;
- O balanço hídrico torna-se pouco preciso, uma vez que não se conhece, de forma sistemática e rigorosa, a sazonalidade dos consumos e necessidades de água da indústria bem como das substâncias que rejeitam nos meios receptores.

No que diz respeito à rega, a não existência de um controlo sistemático da água utilizada pelos diferentes sectores, faz com que a determinação das necessidades e consumos de água resultem de estimativa através de métodos indirectos, mais concretamente, à luz de balanços hidrológicos do solo relativos às culturas a beneficiar.

Para tal, fez-se um levantamento das áreas de regadio actuais, dos tipos de culturas nelas praticados, dos sistemas de rega existentes e respectivas eficiências. Posteriormente multiplicou-se a área equipada pelas necessidades reais de água (quantitativos de água a aplicar no somatório de todas as regas durante o período vegetativo, destinados a compensar apenas as perdas por evapotranspiração).

A Figura 15 torna claro que, na maior parte do território continental, os valores de evapotranspiração potencial anual média, excedem os valores de precipitação, tornando a rega um factor importante para aumentar a capacidade produtiva dos solos.



**Figura 15 - Relação precipitação / evapotranspiração<sup>[41]</sup>**

A actividade agrícola de regadio é a actividade que maior terreno ocupa e a que mais água consome em Portugal e acarreta algumas dificuldades à gestão de recursos hídricos, entre eles:

- Cerca de 88% da área de regadio em Portugal é de natureza privada, sendo o conhecimento da utilização da água nessas áreas obtido com periodicidade de 10 anos através do Recenseamento Geral da Agricultura;
- Desconhecimento quanto a consumos da rega, as respectivas origens de água e a variabilidade temporal;
- Actividade de regadio intensivo com forte adubação sobre zonas de elevada vulnerabilidade de aquíferos (onde as águas de retorno contaminam os aquíferos);
- Elevado desajustamento temporal natural entre necessidades de água para rega e as disponibilidades nos sistemas hídricos;
- Exigência de infra-estruturas de regularização inter-anual de vulto com reprodutividade económica directa limitada;

A determinação dos consumos de água no turismo, baseia-se no número de dormidas registadas na actividade hoteleira, e respectivas necessidades de água, e as infra-estruturas associadas à prática do golfe, pelo destaque que esta actividade assume no consumo de água.

Excluindo os campos de golfe e outras raras excepções, as actividades turísticas têm os consumos assegurados pela rede urbana. Quanto aos campos de golfe, a regra geral é a utilização de águas subterrâneas, quando localizados sobre aquíferos, e de águas superficiais nos outros casos, existindo ainda algumas situações mistas.

A análise e o cálculo dos consumos e necessidades de água para a população turística relacionada com a actividade hoteleira são feitos com base no número de dormidas nos diferentes tipos de estabelecimento fornecidas pela Direcção Geral do Turismo.

Por se concentrar em poucos meses do ano, a actividade turística cria enormes dificuldades ao nível de dimensionamento dos equipamentos de transporte, armazenamento e regularização. Para além do aumento, muitas vezes colossal, de necessidades e consumos, este coincide com os períodos de menores recursos hídricos em regime natural. Para além disso, o turismo é uma actividade muito sensível e

exigente em relação à escassez ou falhas no abastecimento, exigindo desta forma uma grande fiabilidade.

Em resumo, dos principais problemas na gestão dos recursos hídricos associados à actividade turística destacam-se os seguintes:

- Os consumos da actividade turística têm pouca expressão volumétrica no computo dos consumos anuais em território nacional, no entanto, esta actividade pode introduzir importantes condicionalismos ao nível do dimensionamento de sistemas de abastecimento e da capacidade de regularização, por se concentrarem em poucos meses do ano;
- A actividade turística exige uma grande fiabilidade quanto à permanência de serviço e qualidade da água.

A produção de energia eléctrica é uma das utilizações que mais volume de água utiliza. Anualmente são usados na produção de energia eléctrica em média cerca de 87.100 hm<sup>3</sup>. Este valor está sobrevalorizado, uma vez que inclui volumes de água utilizados várias vezes, como nos casos de aproveitamentos hidroeléctricos em cascata, ou onde há lugar a bombagem para montante. Apesar do elevado valor de volume de água utilizado, o consumo de água para a produção eléctrica não existe consumo físico da água (o retorno é quase total) ou sequer contaminação, havendo apenas uma diminuição da cota e a alteração da profundidade do leito do rio na zona da albufeira. No entanto, em termos ecológicos, prejudica a migração dos peixes, o movimento das areias e altera o regime hidrológico.

Apesar de não ser directamente comparável com as outras actividades económicas (que têm retornos muito inferiores e contaminações muito superiores), em termos quantitativos, poderemos dizer que a produção de energia é a actividade que mais água utiliza (cerca de 85 mil hm<sup>3</sup>/ano, ou seja 87% do total). No entanto, o seu consumo físico é praticamente nulo.

No que toca a consumos, a rega é o sector dominante, sendo responsável por cerca de 75% do consumo total de água. Destes, 64% ou seja 4,2 mil hm<sup>3</sup> são de origem subterrânea (Quadro 7)<sup>c</sup>.

---

<sup>c</sup> Nota: Na produção de energia apenas se consideram os volumes de água utilizados em centrais térmicas, onde os volumes de água captados são restituídos ao meio diminuídos dos volumes evaporados.

**Quadro 7 – Consumos por tipo de Origem de Água vs. Sectores Utilizadores<sup>[41]</sup>**

|              | Origens Superficiais<br>(hm <sup>3</sup> ) | Origens Subterrâneas<br>(hm <sup>3</sup> ) |
|--------------|--|--|
| Urbano       | 212  | 349  |
| Industrial   | 206  | 179  |
| Turismo      | 11   | 9  |
| Agricultura  | 2341                                       | 4210                                       |
| Energia      | 1237                                       | -  |
| <b>Total</b> | <b>4007</b>                                | <b>4747</b>                                |

Resultante fundamentalmente de necessidades de água que decorrem da ocupação dos equipamentos hoteleiros e da manutenção de campos de golfe, o sector do turismo é responsável por cerca de 20 hm<sup>3</sup>.

A distribuição das origens de água para abastecimento à indústria é sensivelmente equitativa. Relativamente ao consumo de água pelo sector industrial importa ainda referir que a indústria da pasta de papel é responsável por cerca de 39% das necessidades de água do sector industrial, satisfeito maioritariamente por água de origem superficial. Relativamente ao consumo urbano, cerca de 62% deste é satisfeito recorrendo a origens subterrâneas.

As origens subterrâneas continuam a desempenhar um papel muito importante na supressão de necessidades locais através de pequenos sistemas de abastecimento. No entanto, acarretam alguns problemas de controlo de qualidade da água, de fiabilidade do serviço e de gestão (a adução a aglomerados urbanos dispersos implicaria redes de adução muito dispendiosas).

No Quadro 8 apresenta-se a distribuição das origens da água consumida, por bacia hidrográfica.

**Quadro 8 – Origens de Água por Bacia Hidrográfica<sup>[41]</sup>**

|              | Consumos de Água<br>(hm <sup>3</sup> ) |                    |               |               |
|--------------|--|--------------------|---------------|---------------|
|              | Origem Superficial                     | Origem Subterrânea | % Superficial | % Subterrânea |
| Minho        | 33                                     | 52                 | 0.38          | 0.62          |
| Lima         | 70                                     | 108                | 0.39          | 0.61          |
| Cávado       | 88                                     | 165                | 0.35          | 0.65          |
| Ave          | 84                                     | 218                | 0.28          | 0.72          |
| Leça         | 42                                     | 29                 | 0.59          | 0.41          |
| Douro        | 477                                    | 991                | 0.32          | 0.68          |
| Vouga        | 112                                    | 304                | 0.27          | 0.73          |
| Mondego      | 246                                    | 486                | 0.34          | 0.66          |
| Lis          | 25                                     | 36                 | 0.41          | 0.59          |
| Rib. Oeste   | 83                                     | 124                | 0.40          | 0.60          |
| Tejo         | 899                                    | 1462               | 0.38          | 0.62          |
| Guadiana     | 288                                    | 165                | 0.64          | 0.36          |
| Sado         | 142                                    | 42                 | 0.77          | 0.23          |
| Mira         | 256                                    | 183                | 0.58          | 0.42          |
| Rib. Algarve | 61                                     | 245                | 0.20          | 0.80          |
| <b>TOTAL</b> | <b>2908</b>                            | <b>4610</b>        | <b>0.39</b>   | <b>0.61</b>   |

Nota: excluindo a produção de energia

Nas bacias dos principais cursos de água importa ainda considerar a existência de uma dezena de transferências, em que se destacam as transferências do Douro e Mondego para o Tejo, do Tejo para as ribeiras do Oeste, do Douro para as bacias do Noroeste e do Guadiana para as ribeiras do Algarve (Quadro 9).

**Quadro 9 - Transferências de Água entre as Áreas Correspondentes aos PBH em Portugal Continental<sup>[41]</sup>**

| Bacia Hidrográfica de Origem | Bacia Hidrográfica de Destino | Volume transferido (hm <sup>3</sup> ) | Uso de água       |
|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|-------------------|
| Cávado                       | Ave                           | 2                                     | Abast. Urbano     |
| Cávado                       | Leça                          | 8                                     | Abast. Urbano     |
| Douro                        | Leça                          | 40                                    | Abast. Urbano     |
| Douro                        | Tejo                          | 50                                    | Abast. Rega       |
| Mondego                      | Tejo                          | 50                                    | Abast. Rega       |
| Tejo                         | Rib. Oeste                    | 40                                    | Abast. Urbano     |
| Sado                         | Guadiana                      | 2                                     | Abast. Urbano     |
| Sado                         | Rib. Costa Alentejo           | 10                                    | Abast. Industrial |
| Guadiana                     | Rib. Algarve                  | 30                                    | Múltiplo          |

O ciclo urbano de água apenas se completa com a rejeição de águas residuais (mais ou menos tratadas) nos meios receptores e com a remoção, tratamento e deposição das lamas resultantes do tratamento de águas residuais domésticas.



Por todo o volume de água captado há sempre uma parte deste que volta ao meio hídrico. A esta parte dá-se o nome de retorno. Não existindo avaliações sistemáticas e rigorosas do valor de retornos de água, para efeitos de cálculo ou de modelação, considera-se que esses valores atingem cerca de 80% no que toca a consumos urbanos e que se ficam pelos cerca de 20% quando resultam de rega. Desta forma, apresenta-se os volumes de retornos por bacia hidrográfica e por sector de actividade (Quadro 10).

**Quadro 10 - Retorno dos Sectores Utilizadores de Água do Continente (dam<sup>3</sup>/ano) <sup>[41]</sup>**

|              | Retorno dos Sectores Utilizadores de Água |                |               |                  |                |
|--------------|---|----------------|---------------|------------------|----------------|
|              | Urbano                                    | Industrial     | Turismo       | Rega             | Energia        |
| Minho        | 6 110                                     | 100            | 20            | 16 200           |                |
| Lima         | 8 490                                     | 9 230          | 110           | 32 200           |                |
| Cávado       | 14 280                                    | 2 400          | 170           | 47 500           |                |
| Ave          | 29 430                                    | 7 140          | 130           | 54 700           |                |
| Leça         | 20 780                                    | 13 940         | 150           | 5 800            |                |
| Douro        | 81 720                                    | 30 310         | 700           | 269 000          | 56 960         |
| Vouga        | 31 570                                    | 22 710         | 160           | 71 200           |                |
| Mondego      | 33 280                                    | 56 830         | 250           | 124 900          |                |
| Lis          | 8 080                                     | 330            | 70            | 10 300           |                |
| Rib. Oeste   | 38 170                                    | 3 070          | 1 560         | 31 100           |                |
| Tejo         | 180 580                                   | 125 590        | 2 560         | 398 300          | 310 040        |
| Sado         | 21 560                                    | 50 280         | 500           | 88 200           | 437 030        |
| Mira         | 1 210                                     | 60             | 10            | 18 900           |                |
| Guadiana     | 13 840                                    | 2 800          | 1 120         | 80 400           |                |
| Rib. Algarve | 21 730                                    | 2 080          | 9 290         | 61 500           |                |
| <b>TOTAL</b> | <b>510 830</b>                            | <b>326 870</b> | <b>16 800</b> | <b>1 310 200</b> | <b>804 030</b> |

Para o exercício da gestão da água é indispensável que as entidades gestoras tenham um conhecimento profundo das pressões que as diversas actividades humanas exercem sobre os recursos hídricos.

O Quadro 11 apresenta uma síntese dos consumos, necessidades de água e retornos.

Quadro 11 - Consumos, Necessidades de Água e Retornos - Quadro Síntese (x10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>) <sup>[41]</sup>

| Área dos PBH       | Populações          |  |                                    |                     |  |                    | Indústria                                    |  | Agricultura                                  |  | Turismo                                      |  |  |  | Produção Energia                             |  |  |            | TOTAL     |            |           |         |           |           |
|--------------------|---------------------|--|------------------------------------|---------------------|--|--------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------------|-----------|------------|-----------|---------|-----------|-----------|
|                    | População Servida   |  |                                    | População Residente |  |                    | Consumos (x 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ) | Necessidades (x 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ) | Consumos (x 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ) | Necessidades (x 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ) | Consumos (x 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ) | Necessidades (x 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ) | Consumos (x 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ) | Necessidades (x 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ) | Consumos (x 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ) | Necessidades (x 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ) |  |            |           |            |           |         |           |           |
|                    | Habitantes (hab.)   | Consumos (x 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ) | Captaç. (m <sup>3</sup> /hab. dia) | Habitantes (hab.)   | Necessidades (x 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ) | Índice Atendimento |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Retornos (x 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ) | Dormidas   |           | Golf       | Total     |         |           |           |
| (km <sup>2</sup> ) |                     |  |                                    |                     |  |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |            |           |            |           |         |           |           |
| Bacia hidrográfica | MINHO               | 820  | 67 480                             | 3 880               | 157  | 75 400             | 4 180  | 83%  | 6 116  | 120  | 120  | 100  | 16 200                                       | 20   | 20   | 20   | 182 380                                      | 84 820     | 111 720   | 100        | 140       | 22 430  |           |           |
|                    | LIMA                | 1 570  | 135 750                            | 7 140               | 144  | 203 330            | 9 890  | 67%  | 8 439  | 10 280   | 10 280                                       | 9 230  | 32 200                                       | 60   | 60   | 120  | 2 951 720                                    | 178 440    | 234 800   | 110        | 150       | 50 030  |           |           |
|                    | CÁVADO              | 1 700  | 222 630                            | 12 360              | 160  | 321 670            | 17 716                                       | 63%  | 14 200                                       | 2 730  | 2 730  | 2 400  | 47 560                                       | 110  | 70   | 180  | 4 236 300                                    | 252 560    | 336 640   | 150        | 200       | 64 360  |           |           |
|                    | AVE                 | 1 480  | 368 580                            | 20 920              | 149  | 681 440            | 34 260                                       | 56%  | 29 430                                       | 7 960  | 7 960  | 7 140  | 54 700                                       | 120  | 40   | 160  | 714 740                                      | 302 740    | 406 870   | 210        | 280       | 91 400  |           |           |
|                    | LEÇA                | 230  | 363 920                            | 25 360              | 182  | 396 250            | 25 020                                       | 97%  | 20 780                                       | 16 080   | 16 080                                       | 13 940   | 5 800  | 200  | 20   | 220  | 0  | 70 560     | 80 870    | 310        | 350       | 40 670  |           |           |
|                    | DOURO               | 18 850                                       | 1 457 720                          | 87 270              | 165  | 1 841 100          | 102 200                                      | 73%  | 81 720                                       | 34 430   | 34 430                                       | 30 310   | 263 000                                      | 530  | 180  | 720  | 65 638 270                                   | 1 554 850  | 2 018 070 | 80         | 110       | 438 690 |           |           |
|                    | YONGA               | 3 710  | 491 750                            | 32 130              | 179  | 663 240            | 39 390                                       | 74%  | 31 570                                       | 28 390   | 28 390                                       | 22 710   | 71 200                                       | 160  | 20   | 180  | 32 320                                       | 416 800    | 542 760   | 110        | 150       | 125 640 |           |           |
|                    | MONDEGO             | 6 880  | 581 810                            | 25 900              | 169  | 675 200            | 40 500                                       | 86%  | 33 280                                       | 71 040   | 71 040                                       | 55 820   | 124 980                                      | 240  | 40   | 280  | 3 862 580                                    | 731 720    | 944 220   | 110        | 140       | 215 260 |           |           |
|                    | LIS                 | 1 010  | 153 820                            | 8 970               | 160  | 173 780            | 9 670  | 83%  | 8 089  | 410  | 410  | 330  | 10 300                                       | 80   |  | 80   | 0  | 60 960     | 78 760    | 60         | 80        | 18 780  |           |           |
|                    | RIBEIRAS DO OESTE   | 2 400  | 541 900                            | 45 510              | 230  | 572 680            | 46 870                                       | 95%  | 38 170                                       | 3 840  | 3 840  | 3 070  | 31 100                                       | 820  | 970  | 1 790  | 1 950  | 206 840    | 259 760   | 90         | 110       | 73 900  |           |           |
| MIRA               | TEJO                | 25 160                                       | 2 978 400                          | 220 770             | 203  | 3 058 190          | 222 970                                      | 97%  | 180 580                                      | 146 570  | 146 570                                      | 125 590  | 398 300                                      | 2 180  | 640  | 2 820  | 2 930  | 476 990    | 8 454 300 | 310 040    | 3 504 850 | 110     | 140       | 1 017 070 |
|                    | SADO                | 8 290  | 258 530                            | 24 360              | 258  | 271 190            | 24 990                                       | 94%  | 21 560                                       | 57 820   | 57 820                                       | 50 280   | 88 210                                       | 210  | 360  | 560  | 600  | 872 350    | 1 343 860 | 140        | 160       | 597 570 |           |           |
|                    | MIRA                | 1 770  | 12 190                             | 870                 | 197  | 21 040             | 1 440  | 58%  | 1 216  | 70   | 70   | 60   | 18 900                                       | 10   |  | 10   | 0  | 95 650     | 127 720   | 50         | 70        | 20 180  |           |           |
|                    | GUADIANA            | 11 600                                       | 173 910                            | 14 470              | 229  | 206 300            | 15 460                                       | 94%  | 13 040                                       | 3 260  | 3 260  | 2 800  | 636 000                                      | 520  | 1 110  | 1 650  | 1 370  | 421 300    | 556 800   | 40         | 50        | 90 160  |           |           |
|                    | RIBEIRAS DO ALGARVE | 3 840  | 267 650                            | 21 840              | 224  | 326 430            | 25 910                                       | 82%  | 21 720                                       | 2 360  | 2 360  | 2 080  | 61 500                                       | 5 090  | 4 750  | 9 840  | 10 940                                       | 341 440    | 443 010   | 90         | 120       | 94 600  |           |           |
| TOTAL              | 89 239              | 8 090 240                                    | 561 730                            | 190                 | 9 474 320  | 622 550            | 85%  | 510 830  | 385 360                                      | 385 360  | 326 870                                      | 1 310 200  | 10 350                                       | 8 280  | 18 630                                       | 19 720   | 1 236 960                                    | 85 838 639 | 884 030   | 10 996 990 | 100       | 120     | 2 963 730 |           |

A análise dos resultados, por sectores, destaca a agricultura de regadio como a actividade com os maiores valores de volume de água, em necessidades e consumos (ver Figura 16)

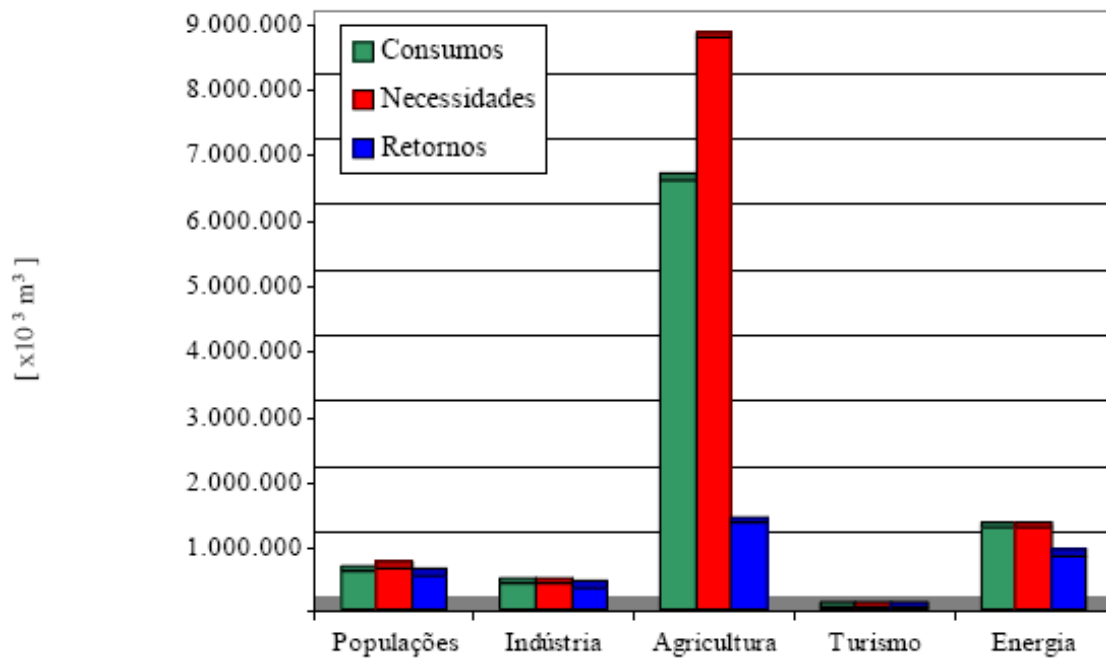


Figura 16 - Distribuição sectorial dos consumos, necessidades de água e retornos<sup>[41]</sup>

Os maiores consumos e necessidades da agricultura localizam-se sobretudo nas bacias hidrográficas dos rios Tejo e Douro com cerca de 2 km<sup>3</sup>/ano e 1,35 km<sup>3</sup>/ano, respectivamente, seguidos do Mondego, Sado e Guadiana.

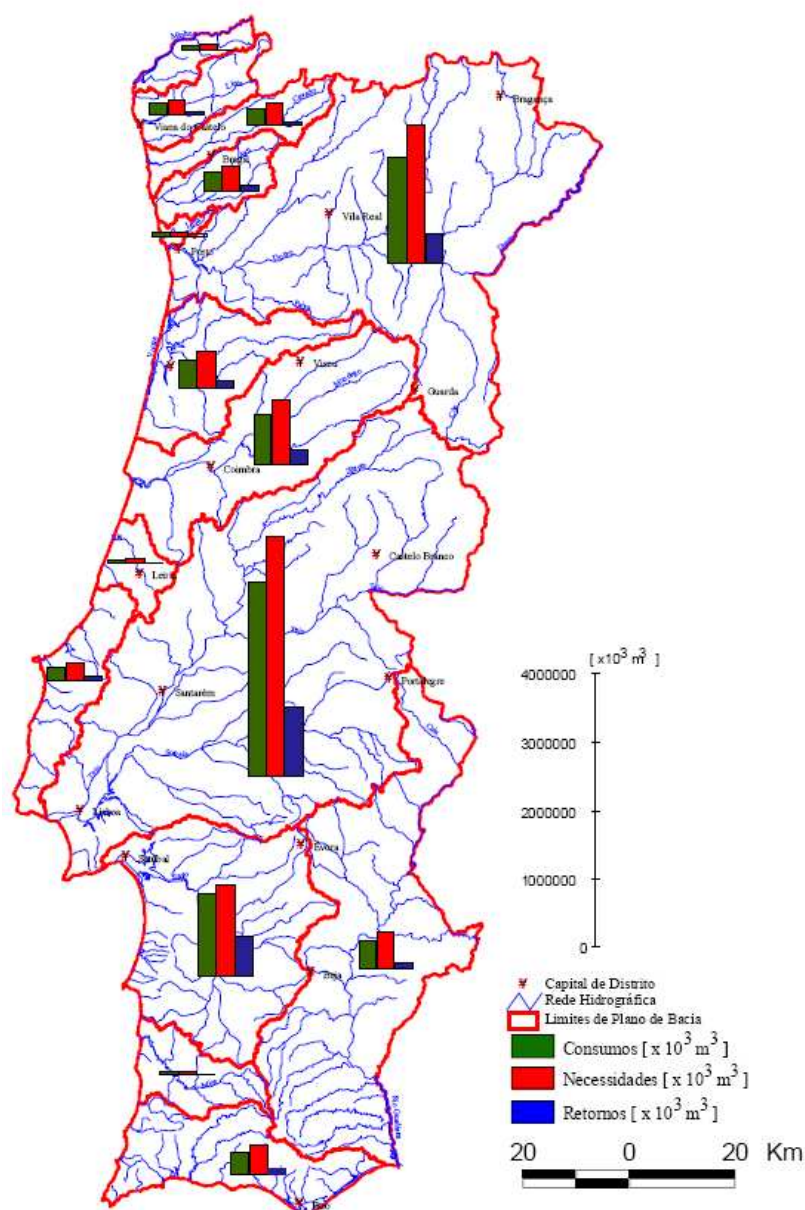


Figura 17 - Distribuição espacial dos consumos, necessidades de água e retornos<sup>[41]</sup>

A análise dos valores dos volumes anuais médios dos consumos permite retirar as seguintes conclusões:

- ✓ Em Portugal Continental, os consumos médios totais actuais atingem os 8,75 mil  $\text{hm}^3/\text{ano}$ , e as necessidades cerca de 11 mil  $\text{hm}^3/\text{ano}$ ;
- ✓ Destes consumos, retornam em média aos meios hídricos quase 3 mil  $\text{hm}^3/\text{ano}$ ;
- ✓ O consumo do sector agrícola representa 74% do consumo total nacional, ou seja, 6,5 mil  $\text{hm}^3/\text{ano}$ , do qual retorna aos meios hídricos 1,3 mil  $\text{hm}^3/\text{ano}$ , o que equivale a 44% do retorno nacional;

- ✓ O consumo do abastecimento às populações não chega aos 7% do consumo nacional, embora o retorno signifique cerca de 18% do retorno total;
- ✓ A indústria mobiliza cerca de 4% do consumo médio nacional sendo que os seus retornos atingem os 11% do total dos retornos;
- ✓ O consumo do sector do turismo não tem expressão percentual no cômputo geral, mas é muito exigente em termos de garantia e qualidade de serviço, para além de ser altamente penalizador no dimensionamento das diversas componentes dos sistemas de abastecimento e na taxa de regularização das origens.

### **1.6.6 Escassez (balanço hídrico)**

Por detrás de uma aparente disponibilidade anual média que supera, várias vezes, a necessidade de água, escondem-se situações de escassez localizada que ocorre ciclicamente em períodos secos.

A elevada variabilidade da disponibilidade hídrica em Portugal Continental, quer em termos anuais quer em termos sazonais, aliada à reduzida capacidade de armazenamento disponibilizada em albufeiras e às disponibilidades dos aquíferos explorados, torna difícil, em períodos de seca, garantir a manutenção de abastecimento a todas as utilizações de água, INAG (2002).

A realização do balanço hídrico à escala anual permite determinar as necessidades de água supridas por origens subterrâneas e origens superficiais e identificar as situações de escassez que só podem ser resolvidas através de um investimento na capacidade de armazenamento que permita uma regularização inter-anual. Nesta análise é ignorada as situações de escassez hídricas derivadas da variabilidade sazonal dos recursos hídricos ou da desadequação dos sistemas de abastecimento às disponibilidades e necessidades.

O Quadro 12 compara as necessidades de água nas diferentes bacias com vários quantis de disponibilidades em regime regularizado. Um valor do ratio disponibilidades/necessidades inferior à unidade sugere que os recursos hídricos disponíveis anualmente não são suficientes para garantir a total satisfação das necessidades. Verifica-se ainda um conjunto de bacias que apresenta valores próximos da unidade, o que sugere que, embora não exista escassez à escala anual, esta poderá

existir à escala sazonal, devido à elevada variabilidade sazonal de disponibilidades e inexistência de capacidade de armazenamento.

**Quadro 12 - Quadro comparativo disponibilidades versus necessidades<sup>[41]</sup>**

| Bacia Hidrográfica | Disponibilidades anuais em regime regularizado (hm <sup>3</sup> ) |              |              | Necessidades Totais (hm <sup>3</sup> ) | Ratio Disponibilidades / Necessidades |              |              |
|--------------------|---|--------------|--------------|--|---------------------------------------|--------------|--------------|
|                    | Garantia 90%  | Garantia 80% | Garantia 50% |  | Percentil 10                          | Percentil 20 | Percentil 50 |
| Minho              | 5931  | 6693         | 8465         | 89                                     | 66.63                                 | 75.19        | 95.10        |
| Lima               | 2110  | 2462         | 3065         | 228                                    | 9.28                                  | 10.82        | 13.47        |
| Cávado             | 1769  | 1960         | 2099         | 310                                    | 5.70                                  | 6.32         | 6.77         |
| Ave                | 612   | 794          | 1048         | 370                                    | 1.65                                  | 2.15         | 2.83         |
| Leça               | 38  | 60           | 94           | 31                                     | 1.25                                  | 1.96         | 3.08         |
| Douro              | 9112  | 11920        | 17841        | 1 224                                  | 7.44                                  | 9.74         | 14.57        |
| Vouga              | 721   | 1108         | 1732         | 447                                    | 1.61                                  | 2.48         | 3.87         |
| Mondego            | 1452  | 2324         | 3430         | 869                                    | 1.67                                  | 2.67         | 3.95         |
| Lis                | 63  | 121          | 225          | 73                                     | 0.85                                  | 1.65         | 3.07         |
| Rib. Oeste         | 131   | 163          | 267          | 193                                    | 0.68                                  | 0.85         | 1.38         |
| Tejo               | 6398  | 8878         | 14021        | 2 096                                  | 3.05                                  | 4.24         | 6.69         |
| Sado               | 612   | 716          | 918          | 655                                    | 0.79                                  | 0.94         | 1.40         |
| Mira               | 268   | 289          | 291          | 90                                     | 2.99                                  | 3.21         | 3.23         |
| Guadiana           | 962   | 1476         | 3156         | 358                                    | 2.69                                  | 4.18         | 8.81         |
| Rib. Algarve       | 105   | 160          | 327          | 256                                    | 0.40                                  | 0.67         | 1.28         |

Nesta análise é possível identificar as bacias mais sujeitas a *stress* hídrico e que serão as mais necessitadas de uma gestão eficiente com as mais modernas ferramentas (por exemplo, mediante a aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica). Para aprofundar o conhecimento a este nível e melhor quantificar as conclusões já obtidas seria necessário realizar balanços à escala mensal e à escala de cada bacia, considerar os principais cursos de água de cada bacia e as suas principais infra-estruturas.

### 1.6.7 Sobre-exploração de aquíferos

Quando um recurso hídrico subterrâneo é explorado de forma contínua acima dos recursos médios renováveis, verifica-se uma sobre-exploração do aquífero.

A diminuição do caudal de descargas naturais não implica obrigatoriamente uma sobre-exploração do aquífero. A sobre-exploração pode ser diagnosticada através da evolução dos níveis piezométricos, da evolução dos caudais de nascentes e do escoamento de base, das mudanças no comportamento de zonas húmidas, das mudanças na qualidade induzidas pelo abaixamento dos níveis, do avanço da interface salina em aquíferos costeiros, *etc.*

A evolução dos níveis piezométricos constitui o melhor indicador de sobre-exploração, INAG (2002). No entanto, é preciso prudência para não confundir variações de curto prazo, por exemplo numa situação de seca, com uma verdadeira tendência generalizada. Esta só poderá ser detectada dispondo-se de uma série suficientemente longa de observações, uma vez que aquíferos muito extensos poderão ser caracterizados por uma inércia elevada. Isto não significa, no entanto, que não se verifiquem carências de abastecimento a partir das águas subterrâneas em alguns sistemas. Nestes casos, dá-se o que se pode considerar como uma sobre-exploração temporária, normalmente do tipo sazonal.

### **1.6.8 Cheias**

A elevada variabilidade da pluviosidade em Portugal inclui situações de pluviosidade intensa.

A sucessão de episódios de precipitação tem como principais consequências um aumento do teor de água no solo (e respectiva diminuição da sua capacidade de infiltração), um incremento do volume armazenado nas albufeiras, e uma redução da sua capacidade de regularização do escoamento.

Quando a capacidade de escoamento dos leitos dos cursos de água é insuficiente para drenar o volume de água afluente, verifica-se um extravasamento para áreas confinantes, muitas vezes erradamente ocupadas por actividades humanas, o que dá origem a cheias e inundações.

Para além da precipitação e da área da bacia, as características fisiográficas da bacia, tais como a forma, relevo e densidade de drenagem, as características físicas, como a geologia, solo e coberto vegetal, as características geométricas e físicas da secção transversal dos cursos de água, o transporte sólido e a proximidade de zonas com influência de maré determinam o comportamento do escoamento hídrico e, consequentemente, das cheias.

Também existem episódios recorrentes de cheias em território urbanizado que resultam não do extravasamento das linhas de água, mas do deficiente dimensionamento das redes de escoamento das águas pluviais.

Os efeitos mais frequentes das cheias são o corte de vias de comunicação, a inundação de campos agrícolas, de habitações e de estabelecimentos comerciais e indústrias, e por

vezes, a perda de vidas humanas. A gravidade destas situações não decorre apenas da magnitude das cheias, mas também da rapidez do incremento do nível da água, do estado de preparação das populações e do seu grau de educação cívica.

Apesar do esforço desenvolvido ao longo dos anos, existem ainda importantes lacunas de conhecimento na temática das cheias que urge colmatar, em particular, INAG (2002):

- A criação de metodologias expeditas para o cálculo de valores de caudal máximo de cheia em diversas situações de dimensionamento de infra-estruturas.
- A identificação e caracterização das áreas sujeitas a cheias, incluindo a definição de zonas inundáveis para diversos períodos de retorno.

Este trabalho é fundamental para a definição de esquemas de seguros que penalizem a construção de imóveis e a ocupação perene em zonas de cheia promovendo desta forma um melhor ordenamento do território.

### **1.6.9 Conclusão**

Portugal caracteriza-se por ter um regime de escoamento com elevada irregularidade, onde o litoral norte húmido contrasta com o interior sul mais seco e onde os meses de Inverno a concentram os mais elevados valores de escoamento aos quais se seguem períodos de caudal muito reduzido. Tal variabilidade temporal e geográfica do escoamento implica que os valores de escoamento associados a níveis de garantia elevados são bastante inferiores aos valores médios da séries em regime natural, pelo que os recursos realmente disponíveis são francamente inferiores aos valores médios. A variabilidade do escoamento e a falta de sincronização entre as disponibilidades e as necessidades faz com que seja necessário recorrer a albufeiras, de que Alqueva é um bom exemplo, para regularizar as afluições naturais e adequar a sua variabilidade à evolução das necessidades abastecidas por origens superficiais. A avaliação do regime de escoamento resultante da operação das albufeiras e a utilização da água para vários usos exige a realização de um balanço hídrico que considere a capacidade de armazenamento existente na bacia e compare o escoamento com as necessidades de água, de modo a estimar os volumes de água efectivamente consumidos e a percentagem da água utilizada que volta aos cursos de água sob a forma de retorno, INAG (2002).



É importante frisar que a elevada variabilidade espácio-temporal tem também implicações directa nas disponibilidades hídricas subterrâneas.

Ao longo deste capítulo avaliamos não só as características ambientais naturais mas também as características sociais que se prendem essencialmente com as captações, consumos e retornos de água das diversas actividades nas diferentes bacias hidrográficas. Fizemos ainda uma caracterização das situações de escassez, de sobre-exploração de aquíferos e de cheias, consequência da conjugação dos factores ambientais e sociais citados.

Esta tipo de inventariação parece-nos fundamental na persecução dos propósitos estabelecidos pela Directiva-Quadro da Água (2000/60/CE): a implementação de uma gestão ao nível da região hidrográfica com o objectivo de alcançar a condição de "bom estado" para todas as águas de superfície e subterrâneas até ao ano 2015. Apesar de nos termos concentrado nas quantidades, a gestão integrada dos recursos hídricos não passa apenas pelo controlo das captações e retornos em termos de quantidades mas também pela satisfação de aspectos de qualidade da água necessários para a manutenção da estrutura e funcionamento dos ecossistemas.

A avaliação da situação, tanto no domínio das disponibilidades como dos usos, consumos e necessidades de água, é actualmente ainda muito deficiente, INAG (2002).

Como veremos mais à frente, os Sistemas de Informação Geográfica podem constituir mecanismos poderosos, não só na inventariação, referenciação (em particular, geo-referenciação) das utilizações dos recursos hídricos (por exemplo, na criação do Sistema Nacional de Informação dos Títulos de Utilização dos Recursos Hídricos), mas também na avaliação do impacto dessas utilizações (seja de consumos e retornos seja de qualidade da água) no meio hídrico. Esta bivalência dos SIG's, gestão da informação vs produção de informação, confere-lhes potencialidades na gestão de recursos hídricos muitas vezes difíceis de quantificar.

Também à escala do concelho ou do distrito os SIG's parecem-nos importantes, principalmente no que respeita à evidente relação entre ordenamento do território e gestão de recursos hídricos, Costa (1992).

Outro exemplo que permitiria evidenciar a importância da aplicação dos SIG's seria no estudo da evolução da intrusão salina, como no caso da península de Setúbal e costa do Algarve, resultado da sobre-exploração de aquíferos, ou no estudo dos níveis de nitratos

existente na água, que resultam de práticas agrícolas menos correctas e que levantam sérias preocupações no que toca à qualidade das águas subterrâneas, Santana (1992).

Nas águas costeiras, os SIG's também poderiam constituir uma ferramenta muito útil na identificação de situações preocupantes, como a da Ria de Aveiro, Ria Formosa, Estuário do Tejo e Estuário do Sado, onde as grandes descargas directas de esgoto urbano e industriais que culminam em cursos de água extremamente poluídos, Santana (1992).

## Capítulo 2. Gestão de recursos hídricos

### 2.1 Modelos de gestão pública

A água é património de todos, um bem comum, público, como tal a sua gestão rege-se por princípios de gestão pública.

Este capítulo apresenta as diversas correntes internacionais de modelos de gestão pública, não sendo específico e característico da situação nacional que em alguns momentos divergiu um pouco das tendências internacionais, nomeadamente entre 1974 e o início da década 1980.

A partir do momento em que os seres humanos se começaram a organizar em comunidades aperceberam-se da necessidade de, em conjunto, serem capazes de prestar, às mesmas comunidades, diversos serviços básicos. Neste sentido, é possível dizer-se que a administração pública existiu desde sempre na história das civilizações, Rocha (2002). Não sendo viável, nem sequer desejável no âmbito deste trabalho, explorar todas as formas de organização e administração pública, importa talvez focar fundamentalmente os modelos de gestão pública utilizados a partir dos finais do século XIX até aos dias de hoje, nomeadamente:

- Administração Científica ou Legal Burocrática (1887-1945);
- Administração Profissional (1945-1975);
- Gestionarismo, mais concretamente: *New Public Management*, Gestão de Qualidade Total, Reengenharia, “Reinvenção da governação”; e Novo Institucionalismo.

#### 2.1.1 Administração Científica ou Legal Burocrática (1887-1945);

Dominada pela influência e controlo do poder político, a administração científica ou legal burocrática caracteriza-se por ser uma administração hierarquicamente burocratizada, cuja função consiste fundamentalmente na implementação e execução das políticas decididas e formuladas pelo poder político, Rocha (2002).

A consubstanciação do acima referido é evidente nos quatro princípios segundo os quais a administração científica ou legal burocrática se rege: **princípio do planeamento;**

**princípio da preparação; princípio do controlo sistemático dos operários;** e principalmente no **princípio da separação entre concepção e execução**, que advoga que aos dirigentes cabe a função de estudar todo o processo de trabalho, cabendo apenas aos operários a execução das tarefas respeitando os critérios predefinidos, Frederick Taylor (citado em Rocha, 2002).

Nestes sistemas burocráticos, o funcionário entra para uma carreira no serviço público, composta por vários degraus, e o seu salário depende da sua posição na hierarquia. O recrutamento é efectuado com base no mérito. O aumento de autoridade depende exclusivamente da subida de degraus e esta subida faz-se com base na idade, qualificações educacionais e nível de desempenho, Rocha (2002).

### **2.1.2 Administração Profissional (1945-1975);**

Com o aumento da despesa pública, em particular com a saúde, educação e segurança social, aliado ao aumento do número de funcionários, criam-se condições favoráveis para o nascimento de um novo sistema político caracterizado pelo incrementalismo, por contraposição ao racionalismo, no qual se promove o aparecimento de um novo tipo de gestor público, o “gestor profissional”.

Dentro deste novo modelo a administração deixa de estar isolada do sistema político e passa a ter um papel activo e muitas vezes decisivo na definição das políticas públicas.

Na Administração Profissional as decisões são tomadas, fundamentalmente, através da negociação e não por imposição autoritária. Isto não quer dizer que não haja burocracia, mas apenas que o processo de decisão burocrático não é o dominante. As decisões são tomadas preferencialmente de forma incremental em detrimento de um processo de decisão mais racional e dedutivo.

No entanto, na década de setenta do século XX, começam a surgir críticas a este modelo. Estas focam, fundamentalmente, os elevados custos relativamente ao rendimento nacional, resultado da crescente procura por serviços públicos, e o comportamento dos burocratas, que degenera numa desumanização da burocracia e culmina numa falha da busca pela igualdade. Assim, surgem movimentos de Reforma Administrativa Pública que procuram alternativas ao modelo da “Administração Profissional”.

A “queda” da administração profissional acontece quando se retoma o pensamento económico liberal, no qual se defende a retirada do estado de actividades económicas, promovendo desta forma uma ampla privatização. No caso específico de actividades consideradas não privatizáveis defendia-se, assim, um modelo de gestão empresarial, Almeida *et al.* (2005a).

### 2.1.3 Gestionarismo

#### 2.1.3.1 Conceito

Pode-se definir “Gestionarismo” como inclinação para a acção, proximidade do cliente, autonomia e espírito da empresa, produtividade através das pessoas, criação de valores culturais, manutenção no ramo de negócio que se domina, formas simples de administração e estruturas simultaneamente rígidas e flexíveis.

A aplicação destes conceitos na administração pública resulta na criação de princípios de **descentralização** para reduzir a paralisia e rigidez, com **atribuição de maior poder de iniciativa aos gestores intermédios**; de **redução dos níveis hierárquicos**; de desregulação, desaparecendo assim regras e regulamentos, responsabilizando os gestores pelas suas acções; e o da **delegação de competências**.

A escola “Gestionarista” não distingue organizações públicas e privadas considerando que ambas devem ser geridas da mesma forma.

Neste contexto conceptual surge então, em meados da década de oitenta, o conceito de *New Public Management*, que tem por objectivo a implementação de processos e técnicas de gestão empresarial por substituição de gestão pública tradicional, Almeida *et al.* (2005a).

#### 2.1.3.2 *New Public Management*

Na *New Public Management* não existe uma fronteira clara entre o sector público e o sector privado, o ambiente é caracterizado por sistemas organizativos onde a transição entre sector público e privado é feita de forma continua, ou seja, composto por modelos de organizações do tipo: Empresas privadas; Empresas “privadas”, em parte propriedade do Estado; *Joint Ventures* entre empresas públicas e privadas; Empresas privadas sujeitas a regulamentação; Infra-estruturas públicas, operando de forma

privada; Empresas concessionadas; Empresas públicas em gestão competitiva; Empresas “públicas” sem competição, Almeida *et al.* (2005a).

A *New Public Management* assenta em princípios como: profissionalização da gestão nas organizações públicas; objectivos bem definidos e mensuráveis como indicadores de sucesso; ênfase no controlo de *outputs*; divisão do sector público em unidades corporizadas, organizadas por produtos, com orçamentos próprios e com negociação com cada uma delas; mudança no sentido de contratos a prazo; cortar custos, aumentar a disciplina de trabalho, Rocha (2002).

Nos finais da década de oitenta inícios dos anos noventa o “gestionarismo” começa então a assumir novas formas como a Gestão da Qualidade Total, Reengenharia e Reinvenção da Governação e Novo Institucionalismo resultado da aplicação de novos instrumentos de gestão, Almeida *et al.* (2005a).

#### **2.1.3.3 Gestão da Qualidade total**

A Gestão da Qualidade Total baseia-se em conceitos de melhoria contínua da organização e aumento da satisfação do cliente através de uma análise contínua da qualidade dos produtos e serviços. A qualidade dos produtos e serviços e a melhoria dos mesmos é medida através de análises quantitativas. Esta contrasta com uma visão mais tradicional da gestão de recursos humanos, Almeida *et al.* (2005a).

#### **2.1.3.4 Reengenharia**

A Reengenharia é uma filosofia de gestão que se foca na alteração dos processos, como forma a poder atingir aumentos de eficiência, eficácia e capacidade competitiva. No entanto, a prossecução destes objectivos implica também a introdução de mudanças na estrutura organizativa, nos sistemas de gestão e mesmo até na própria cultura organizacional.

A Reengenharia é essencialmente o repensar, o reestruturar de forma radical os processos empresariais com vista a um aumento drástico de indicadores de desempenho, como: custo, qualidade, atendimento, velocidade, *etc.*, Almeida *et al.* (2005a).

### 2.1.3.5 “Reinvenção da governação”

O termo *Reinventing Government* deve-se a David Osborne e a Ted Gaebler, e ao título do livro que publicaram em 1992. No seu livro, Osborne e Gaebler defendem a existência dos seguintes dez princípios para uma gestão do tipo empresarial:

1. **Administração catalisadora:** Assegurar a execução sem ter que o executar;
2. **Administração pertencente à comunidade:** Capacitar as comunidades para assumirem responsabilidades pela satisfação dos seus próprios interesses em vez de ser a administração central a fazê-lo;
3. **Administração competitiva:** Promover a competição na provisão de serviços (mecanismos de mercado, por exemplo);
4. **Administração dirigida pela missão:** Instituir uma gestão dirigida, não por regras, mas sim por objectivos organizacionais, isto é, adoptar uma orientação estratégica;
5. **Administração orientada por resultados:** Premiar o sucesso medido através da aplicação de indicadores de desempenho adequados;
6. **Administração orientada para o cliente:** Satisfazer as necessidades do cliente;
7. **Administração empresarial:** Ganhar e não gastar apenas;
8. **Administração pró-activa:** Ser pró-activo e não meramente reactivo, isto é, ser capaz de antecipar problemas e obstáculos;
9. **Administração descentralizada:** Promover a participação dos interessados, sob diferentes formas de organização, nos actos de gestão; princípios de decisão colegial;
10. **Administração orientada para o mercado:** O mercado como fonte de mudança.

A aplicação destes princípios resultaria num governo tão radicalmente diferente que mereceria a designação de “Reinvenção da Governação”, ao movimento.

Em conclusão, a “Reinvenção de Governação” é um movimento que “bebe” de várias correntes do pensamento da gestão e que tem por objectivo a substituição da administração tradicional pela administração empresarial, Bilhim (2004).

#### **2.1.3.6 Novo Institucionalismo**

O Novo Institucionalismo realça a importância das instituições na estruturação do comportamento político e na orientação das decisões políticas, resultando numa elevada influência das mesmas sobre os resultados políticos.

A abordagem institucionalista tem como grande fundamento o facto de, por um lado, serem as políticas públicas que criam as instituições (sejam elas organizações formais ou regras de estruturação de comportamento), por outro, estas poderem ser consideradas autênticas estruturas institucionais quanto ao seu efeito, pois criam constrangimentos ao comportamento dos políticos e às decisões dos mesmo relativas a bens públicos.

As políticas públicas estruturantes são regras fundamentais que influenciam a alocação de recursos económicos e políticos alterando desta forma a relação custo-benefício associada a estratégias alternativas.

Como modelos alternativos pode-se considerar formas de organização a burocrática e mesmo até mecanismos de mercado.

A aplicação de mecanismo de mercado como forma alternativa de fornecimento de bens e serviços, foi largamente influenciada pelas ideias do Novo Institucionalismo Económico e em particular pela Teoria da Agência.

Quando a aplicação de mecanismos de mercado é dificultada pela complexa elaboração de contratos ou pela difícil avaliação da qualidade do bem ou serviço prestado, resultando em perdas de eficiência, então deve-se considerar o recurso a formas hierárquicas de organização, caso contrário, o recurso a mecanismos de mercado é a forma mais apropriada.

Á semelhança da importância do estudo da evolução dos modelos de gestão pública, também os modelos de gestão de organismos não-lucrativos podem fornecer ensinamentos valiosos a aplicar nos modelos de gestão de bens públicos, concretamente, na gestão da água, Almeida *et al.* (2005a).

#### **2.1.4 Gestão Pública vs Gestão Não-Lucrativa**

As questões chave contemporâneas de gestão e liderança em organizações não lucrativas são a gestão da administração, liderança executiva, gestão de recursos



humanos, desenvolvimento de recursos financeiros, adaptação estratégica à mudança, estrutura organizacional e medição da produtividade, Young (1993).

Em 1995, no seu artigo intitulado *The Big Questions of Public Management*, publicado na *Public Administration Review*, expõe três questões cuja resposta permitirá tornar a gestão pública mais útil quer para a sociedade civil quer para a científica, sendo elas, Behn (1995):

- Como pode, a gestão pública, quebrar o ciclo da microgestão que inibe os organismos públicos de produzirem resultados?
- Como podem os gestores públicos motivar os seus quadros de maneira a atingirem os objectivos públicos?
- Como podem os gestores públicos medir a produtividade?

Foquemo-nos nas duas últimas questões.

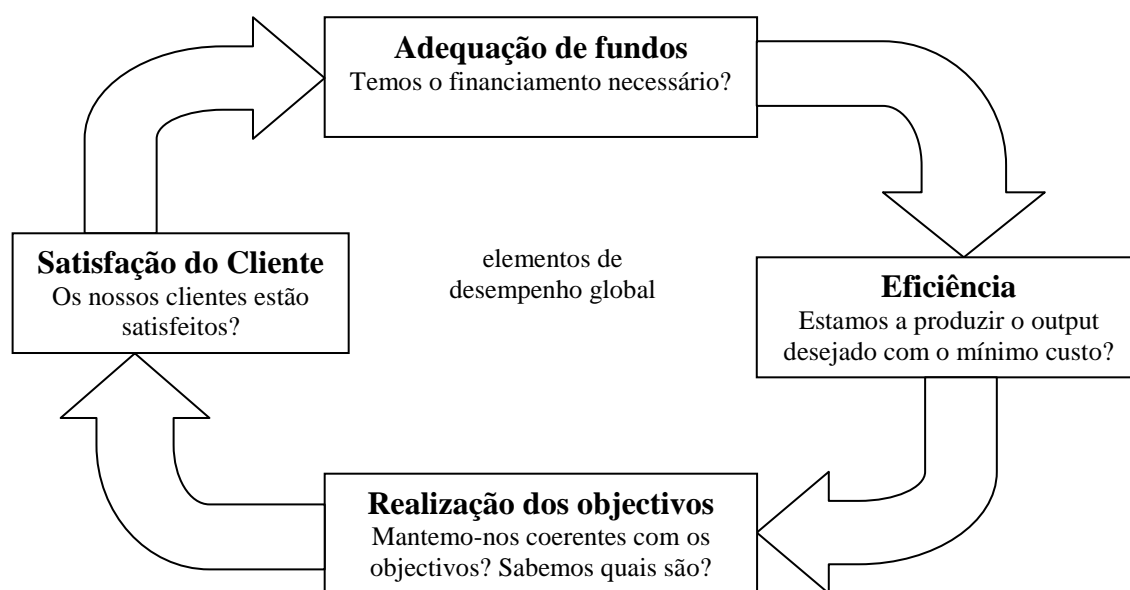
Relativamente à motivação, é fundamental conhecer previamente os níveis de produtividade de forma a poder recompensar a excelência e penalizar a ineficiência e o mau trabalho. Um ambiente de trabalho onde o trabalhador não é correctamente motivado produz um efeito em cadeia onde o mau trabalhador arrasta o bom. No entanto, a motivação vai muito para além de um controlo dos trabalhadores. Envolve a capacidade de inspirar e de motivar como meio de atingir os propósitos públicos vigorosamente. Por outras palavras **clareza da missão, visão e valores em vez de clareza de tarefas, é um aspecto essencial das organizações pós-burocráticas**. Compreender isto implica dar especial atenção ao método de cálculo dos benefícios dos trabalhadores da função pública, Leavitt e Johnson (1998).

A medição da produtividade na função pública obriga desde logo a definir sob que dimensões se deve medir a performance que os gestores públicos querem monitorizar. Várias foram as tentativas recentes de resposta a esta questão, entre elas: o *Government Performance and Results Act of 1993* (Gore, 1993; Kravchuk e Schack, 1996); a implementação da *National Performance Review*, posteriormente denominada por *National Partnership for Reinventing Government*, Osborn e Gaebler, (1992); o movimento da Gestão da Qualidade Total na função pública, McGowan (1995); e ainda instituição do *Government Accounting Standards Board GASB* (1993, 1994).

A medição da performance no sector público seria em muito facilitada se se pudesse fazer qualquer tipo de analogia com o sector privado e a sua busca pelo lucro. Lucro este que é perfeitamente quantificável e unidimensional.

Contudo, a busca de um qualquer objectivo financeiro não é perfeitamente consistente com a missão do estado, provocando uma perversa ignorância quanto à performance do estado, Brooks (2002). Por exemplo, a maximização do lucro da instituição não tem em atenção o princípio da universalidade do acesso.

A literatura relativa à administração não-lucrativa tem procurado superar o obstáculo da multidimensionalidade da performance através de métodos de avaliação de performance multidimensionais. Um exemplo claro desta abordagem é o modelo de avaliação de performance de organizações não-lucrativas de Kushner e Poole (1996) onde estes definem a performance de uma organização não-lucrativa segundo quatro vertentes (ver Figura 18): adequação de fundos; eficiência nas operações; obtenção dos objectivos gerais da organização; e satisfação dos seus constituintes.



**Figura 18 - Feedback positivo entre os diferentes elementos de eficiência de uma organização**

Fonte: adaptado de Kushner e Poole (1996).

Desta breve análise, permite-se concluir que também na gestão pública, à semelhança do que se verifica na gestão de instituições não-lucrativas:

- i) A motivação dos trabalhadores é fundamental. Nesta, deve-se identificar claramente meios não-pecuniários e perceber o valor relativo de cada e o seu impacto na produtividade;
- ii) A medição da produtividade não pode ser feita segundo uma única dimensão. Esta deve incluir, não só eficiência nas operações e satisfação dos utentes, mas também adequabilidade do financiamento e a obtenção dos objectivos estratégicos da instituição.
- iii) Verifica-se, em todas as dimensões da medição da produtividade, um *feedback* positivo. A desvalorização de qualquer destas dimensões pode resultar na manifestação de problemas nas outras.

A análise do comportamento da gestão não-lucrativa pode servir, de facto e em muitos casos, um exemplo para a gestão pública e, em concreto, também para a gestão dos recursos hídricos.

Em conclusão, pode-se perceber desta pequena análise dos modelos de gestão pública que esta tem evoluído de uma administração hierarquicamente burocratizada, cuja função consistia fundamentalmente na implementação e execução das políticas decididas e formuladas pelo poder político, onde imperava a perspectiva da separação entre concepção e execução, para uma administração profissional que se rege por princípios de descentralização, com atribuição de maior poder de iniciativa aos gestores intermédios, de redução dos níveis hierárquicos, de desregulação, e de delegação de competências, onde os objectivos são bem definidos e mensuráveis, com claros indicadores de sucesso e onde se enfatiza o controlo dos outputs, se procura uma melhoria contínua da organização e um aumento da satisfação do cliente através de uma análise contínua da qualidade dos produtos e serviços. Para tal, a filosofia de gestão foca o objectivo da organização na alteração dos processos, de forma a poder atingir aumentos de eficiência, eficácia e capacidade competitiva, mesmo que para isso seja necessário também a introdução de mudanças na estrutura organizativa, nos sistemas de gestão e mesmo até na própria cultura organizacional. Este “novo” modelo propõe que se deve capacitar as comunidades para assumirem responsabilidades pela satisfação dos seus próprios interesses em vez de ser a administração central a fazê-lo, consubstanciando assim uma política de descentralização, de promoção da participação dos interessados, sob diferentes formas de organização, nos actos de gestão. O desafio

deste novo modelo consiste em garantir que esta descentralização não perca de vista os princípios de eficiência nas operações, obtenção dos objectivos gerais da organização; e satisfação do público.

Para que a descentralização, nomeadamente na gestão de recursos hídricos, não acarrete como consequência a duplicação da alocação de recursos e a criação de ineficiências, em especial no fluxo de informação entre as instituições e o público e entre os organismos descentralizados e a administração central (responsável pela definição de políticas públicas) será necessária que esta última institua *standards* nacionais, em particular nos métodos, procedimentos e ferramentas utilizados na gestão de recursos hídricos (p.ex. no caso de um SIG).

## ***2.2 A água: Relevância, Valor, Ameaças e Oportunidades***

Após um enquadramento histórico e uma análise do “mercado” (o sector da gestão pública) onde se procura, neste documento, avaliar a aplicação dos SIG’s, dirige-se agora a atenção para a gestão da água, especificamente.

A água é um recurso natural renovável que se distingue da generalidade dos outros bens fundamentalmente por três grandes características: **carácter multifacetado**; **propriedade comum** e **recurso em fluxo**. É **multifacetado** porque a água pode ser utilizada para diversos fins tais como doméstico, público, agrícola, industrial, comercial, energético, náutico e recreativo, depurativo, possuindo ainda propriedades solventes e de transporte (assimilando poluentes e resíduos). É **comum** porque é um factor fundamental para o bem-estar social e para o desenvolvimento económico de todos. A sua importância resulta não só da vantagem do seu uso mas principalmente da sua escassez relativa pelo que uma análise moderna das questões de qualidade ambiental impõe a inclusão de critérios clássicos de escassez económica, Costa (1992).

Apesar de ser um **fluxo em constante regeneração**, a água é um recurso limitado que pode ser afectado a diversos usos alternativos e em que a disponibilidade (se a custo zero) permitiria a satisfação de um elevado número de necessidades de certa maneira “ilimitadas”, Silva (1996b).

Como resultado da elevada diversidade de usos da água, a qualidade da mesma adquire uma dimensão económica, visto ser também essencialmente económica a escolha de afectação deste recurso em detrimento de todos os outros possíveis. Assim, esta adquire

um valor específico para cada uso, que depende da facilidade de utilização, da garantia da sua disponibilidade e da sua qualidade, Costa (1992).

A água é um bem escasso ao qual está associado um custo (de captação, tratamento, transporte e disponibilização), que por sua vez está intimamente relacionado com o valor atribuído por cada utilização, Silva (1996b).

A determinação do custo da água é relativa e imputável aos diversos actores que participam nas diferentes fases do sistema de utilização, sendo estas: antes do seu uso, em todas as etapas da sua utilização e depois da sua utilização, Costa (1992).

O valor da água não é mais do que a “avaliação do benefício que o utilizador retira do seu uso e que se estima ser o máximo que o utilizador está disposto a pagar para utilizar o recurso”, Silva (1996b)

Um sistema de preços concorrencial que permita determinar o valor da água para os diferentes usos alternativos permite identificar com maior precisão as ineficiências resultantes de uma incorrecta afectação deste recurso.

Diferentes tipos de uso exigem diferente quantidade e qualidade de água, quer quanto ao abastecimento quer quanto aos fluxos devolvidos ao meio hídrico, que condicionam de diferentes formas o uso posterior. Como a qualidade da água está também dependente da qualidade dos retornos, um sistema de preços informativa terá que ter em atenção a perda de valor que esses retornos contaminados induzem nos posteriores utilizadores. Por exemplo, o consumo físico da água captada numa albufeira para rega é menos pernicioso que o retorno (por percolação) à albufeira de um efluente contaminado com pesticidas e nitratos.

Assim, o valor da água varia no tempo e no espaço e depende do tipo de necessidade a satisfazer, da facilidade de utilização, da sua disponibilidade e da sua qualidade. Tal facto, confere a este bem um carácter mercantil multi-dimensional, eliminado assim, toda a possibilidade de livre apropriação, ou seja, deixa de ser um bem adquirido, Silva (1996b).

Parte do preço a cobrar pela água advém dos custos resultantes de todas as actividades necessárias à disponibilização da mesma, aos seus utilizadores, em quantidade e qualidade pretendida. Estes custos dividem-se em custos internos e custos externos.

Os custos internos resultam da actividade desenvolvida dentro da unidade de gestão, por exemplo, despesas de investimento e de funcionamento.

Os custos externos são produzidos fora da unidade de gestão e resultam de uma degradação da água pelo seu uso, por exemplo, a rejeição de efluentes no meio hídrico obriga os utilizadores a jusante a despende mais recursos no tratamento da água captada.

A tão ambicionada internalização das externalidades acontece quando se inclui no custo da água, suportado pelo utilizador, os custos externos, Silva (1996b), que são sempre de muito difícil quantificação.

Com a escalada da procura de água para consumo humano e industrial assim como o aumento da competição pelo uso da água para irrigação e o aumento dos custos tecnológicos e ambientais na procura de novos pontos de captação de água de qualidade, a água é cada vez mais um recurso escasso que precisa de uma gestão económica e ambiental cuidada, World Bank (1993).

Processos de urbanização muito difusos podem produzir impactes altamente prejudiciais para uma gestão sustentável da água. Por um lado aumentam significativamente os custos das infra-estruturas hidráulicas, reduzindo economias de escala e aumentando os custos de fornecimento de água, por outro promove o desenvolvimento de soluções individuais, não significando esta necessariamente um padrão de vida inferior, Costa (1992).

O desenvolvimento económico e social apenas é possível num contexto onde o estado do ambiente e dos recursos naturais não constituam causas inibidoras deste processo. Assim, é importante ter em conta a poluição, degradação e riscos para o ambiente da actividade económica.

Apesar do ambiente se ter vindo a tornar, ao longo do tempo, um problema económico, social e político, não existem ainda instrumentos que quantifiquem a contribuição dos recursos naturais para a criação de riqueza, dificultando assim a inclusão do contributo destes recursos nos indicadores económicos “clássicos”.

Por pressões do mercado, dos média ou por intermédio de normativos, muitas empresas, para além de incluir critérios ambientais na definição das suas estratégias e na selecção de investimentos, passaram a elaborar e publicar informações sobre os objectivos

fixados em matéria de ambiente, as estratégias definidas e o impacto das suas actividades no meio ambiente.

Um relatório elaborado pela comissão europeia realça uma série de acções no sentido de estabelecer uma estrutura europeia de “contabilidade verde” que prevê um sistema europeu de índices económicos e ambientais integrados, ESI, Silva (1996a).

Sendo a água um bem colectivo, herança comum da humanidade, é fundamental criar instituições, incentivos económicos e sistemas de direito que promovam uma actuação positiva do sector privado para a gestão do ambiente, Costa (1992).

### ***2.3 Contexto Histórico Recente***

“A Gestão holística da água como recurso vulnerável e finito, e a integração de planos e programas sectoriais no enquadramento de políticas económicas e sociais nacionais, são de suprema importância para as acções nos anos 90 e seguintes... A gestão integrada de recursos hídricos baseia-se na percepção da água como parte integrante do ecossistema, recurso natural e bem económico e social cuja quantidade e qualidade determina a natureza da sua utilização. Assim, é preciso proteger os recursos hídricos tendo em conta a sua função no ecossistema aquático garantindo a sua continuidade de maneira a satisfazer e conciliar todas as necessidades de água das actividades humanas”, Nações Unidas (1992a).

As conferências de Dublin em Janeiro de 1992 e do Rio de Janeiro em Junho do mesmo ano criaram as “fundações” para uma nova orientação na gestão dos recursos hídricos, Allouche (2001).

Em Dublin, Janeiro de 1992, foram definidos quatro princípios fundamentais para uma correcta gestão da água. De especial interesse são os princípios dois e quatro.

O princípio dois realça que o modelo de gestão da água deve-se basear segundo uma política de participação dos interessados, envolvendo os utentes, as entidades gestoras, entidades reguladoras e o legislador.

Reconhecido o erro passado de não reconhecer a água como bem económico, erro este que levou a desperdícios e usos deste recurso altamente prejudiciais para o ambiente, o princípio quatro define a água como um bem económico em todas as suas vertentes e utilizações e deverá ser reconhecido como tal.

Ainda segundo este princípio, é considerado vital reconhecer o direito fundamental de todos os seres humanos de acesso a água limpa e a saneamento a preços acessíveis a

cada um, Nações Unidas (1992b). Notar que esta vertente do princípio, apesar de parecer ser de justiça social, ao não tomar em atenção o custo da “produção” da água, torna as entidades fornecedoras de água das regiões com *stress* hídrico (*i.e.*, onde os custos são mais elevados) economicamente deficitárias, o que induz situações de racionamento de água (em termos de quantidade e qualidade) e deficiente saneamento (que reduz ainda mais a qualidade da pouca água disponível).

## ***2.4 Princípios Gerais de uma Gestão da Água***

Da unidade da água e da extensa interacção desta com outros recursos naturais resulta uma premente necessidade de gestão eficiente deste recurso. Neste sentido, é unânime que a gestão de recursos hídricos deverá ser executada de uma forma integrada, principalmente, com outras acções de planeamento e ordenamento do território. No entanto, esta gestão revela-se extremamente complexa e a partilha racional de custos entre os diferentes objectivos é assunto muito delicado, Costa (1992).

Nos últimos anos tem crescido, no seio do Banco Mundial, uma nova orientação de modelo de gestão da água que assenta na visão desta como um bem económico. Neste novo modelo o Banco Mundial começa por identificar o estado como obstáculo ao desenvolvimento, e considera que este não deve estar envolvido em actividades económicas, World Bank (1997), e que se deve aplicar, aos fornecedores de serviços deste sector, princípios comerciais que promovam a concorrência, prevendo, no entanto, o envolvimento dos utentes em casos onde a dinâmica comercial e concorrencial seja impossível, ou seja, em áreas nas quais o sector privado não beneficiaria em entrar, como é o caso de zonas rurais pobres, World Bank (1994).

Se, por um lado, a necessidade de desenvolvimento de infra-estruturas aponta no sentido de uma maior intervenção do sector privado, por outro lado, a preocupação com uma gestão sustentável do ambiente aconselha a uma política descentralizadora baseada na gestão de bacias hidrográficas como a melhor solução, Serageldin (1994).

É missão do estado gerir os bens do domínio público com competência, ou enquadrar legalmente a sua gestão, de modo a que estes estejam disponíveis para todos não sendo interdito o seu uso a ninguém, Costa (1992), *i.e.*, ser garantido o princípio da universalidade do acesso ao uso.



Toda a política de protecção do ambiente deverá integrar nas decisões dos agentes económicos os efeitos sobre o ambiente, quer pela atribuição de preços quer por outras formas de coordenação colectivas, para que possam exercer a sua função de regulação e racionalização dos recursos. Esta é uma importante via para a internalização dos custos ambientais nos modelos de gestão da água, Silva (1996a). Note-se, no entanto, que existirá grande dificuldade na avaliação dos prejuízos económicos causados pela degradação da qualidade (*i.e.*, poluição) e disponibilidade dos recursos hídricos.

É ainda também muito importante introduzir mecanismos redistributivos que assegurem a equidade e eficiência na utilização dos recursos entre diferentes regiões, bacias hidrográficas e/ou áreas a montante e jusante, aliás à semelhança de outros recursos, funcionando assim como uma verdadeira e plena gestão integrada, Costa (1992).

Existem, essencialmente, dois tipos de abordagens numa política ambiental de gestão da água. A primeira e mais tradicional, a abordagem regulamentadora, consiste na utilização de medidas regulamentares com o intuito de impor ao utilizador um comportamento compatível com os objectivos definidos nas políticas ambientais do estado. Estas são uma referência indispensável no plano técnico-jurídico e podem assumir a forma de incentivos económicos (caso de multas de não conformidade). A segunda, a abordagem incitativa, consiste na criação de mecanismo incitativos económicos, tais como taxas de poluição, utilização e de acesso, ajudas financeiras de apoio à reconversão de sistemas para um uso mais eficiente e menos agressivo de recursos.

A grande vantagem da abordagem incitativa reside no facto de esta assegurar um preço apropriado relativo à afectação do recurso, permitindo a repartição equitativa dos custos, para além de gerar receitas e incentivar um comportamento favorável do utilizador perante o ambiente.

A grande desvantagem reside no facto de, em alguns casos, as taxas não produzirem o efeito desejado e os poluidores não reagirem aos preços de forma “racional”. Muitas vezes consequência de se interpretar este preço como mais um imposto pelo que haverá pressões para que seja apenas simbólico. Nestes casos, métodos alternativos de controlo directo, regulamentares, serão mais eficazes.

Dentro dos instrumentos incitativos encontram-se os subsídios (subvenções, empréstimos com juros bonificados e benefícios fiscais) cujo principal objectivo é

auxiliar unidades com constrangimentos financeiros para actuar em conformidade com os *standards*.

No caso concreto de Portugal, a importância da poluição industrial e o seu carácter, muitas vezes, pontual pronuncia a vantagem em complementar, o regime económico-financeiro de taxas, com outros mecanismos incitativos como é o caso de subsídios, Santana (1992).

Tem sido grande a discussão à volta das possíveis incompatibilidades entre as ajudas financeiras aos poluidores e o princípio do poluidor pagador. Neste sentido, a OCDE adoptou três condições gerais em que não se rejeita esta incompatibilidade:

- Quando são concedidos aos grupos visados pelas políticas ambientais;
- Quando concedidos em períodos de transição bem definidos;
- Quando o comércio internacional e os investimentos não são significativamente distorcidos com a concessão de subsídios.

A adopção de direitos comercializáveis prende-se com o facto de existirem já, em certos países europeus, direitos estabelecidos dificilmente revogáveis, quer política quer legalmente. No entanto, a possibilidade de transferência de direitos garante uma dinâmica própria do mercado promovendo, assim, um uso da água eficiente. Esta comercialização dos direitos é particularmente útil no caso das captações, onde a oferta total de água é relativamente fixa e a comercialização permite a flexibilidade do sistema de afectação necessária para responder à alteração da procura resultantes de novas indústrias ou do desenvolvimento urbano, Costa (1992).

## ***2.5 Modelos de gestão de recursos hídricos***

### **2.5.1 Considerações Introdutórias**

A gestão de recursos hídricos consiste na adequação de meios escassos a fins múltiplos. Esta exerce-se, fundamentalmente, através das seguintes acções: localização dos utilizadores, racionalização dos consumos, recuperação de águas residuais e rejeição dos efluentes, em relação à procura; obras hidráulicas e sanitárias e definição e planificação de modelos e metodologias de gestão de recursos hídricos (que garantam entre outros a subsistência de caudais ecológicos), ou seja, medidas legais e de reajustamento institucionais, em relação à oferta.

Numa economia de mercado, as variações espaço-temporais da procura podem ser compensadas com investimentos do lado da oferta, através do financiamento via “preços” ou outros. No caso particular do sector da água as leis da oferta e da procura não jogam livremente. A fixação do preço não obedece apenas a uma lógica económica, mas também a orientações políticas. O consumidor não pode escolher e o custo desta varia de acordo com os investimentos necessários, as taxas impostas pela sua gestão, o uso a que se destinam e as condições locais, Costa (1992).

Alguns países europeus, em especial os países mediterrânicos, que durante muito tempo viveram numa realidade onde existia água em abundância e a baixos custos, estão neste momento a enfrentar aumentos de consumos insustentáveis que podem, inclusivamente, levar a situações de carência em algumas zonas em certos períodos.

Estes mesmos países têm optado por dar especial ênfase a medidas “estruturais” como grandes investimentos em obras públicas de hidráulica em detrimento de medidas “não estruturais”, nomeadamente regimes económico-financeiros da água, como meio de condicionar o ciclo da água pelo lado da procura. Além disso, estas medidas estruturais têm sido implementadas através do financiamento via impostos o que terá como inconveniente o facto de não tornar claro o valor da água consumida, para além de ter efeitos redistributivos nefastos, Cunha (1989).

Nas decisões de investimento e de planeamento não são previstas taxas que reflectam o custo de oportunidade de disponibilizar água para um uso em detrimento de outro. Na realidade pode acontecer que a disponibilização de água para certas utilizações provoque a escassez da mesma para outras utilizações, Silva (1996b).

A Directiva-Quadro da Água, que estabeleceu o compromisso comunitário de implementar Planos de Gestão de Bacias Hidrográficas em todos os estados membros, definiu também a bacia hidrográfica como unidade de gestão dos recursos hídricos. Este conceito de gestão por bacia hidrográfica tem sido progressivamente adoptado em diversos países, MAOTDR (2007).

### **2.5.2 Modelos centralizados e descentralizados**

Existem, fundamentalmente, dois modelos de gestão de recursos hídricos: o **modelo centralizado** e o **modelo descentralizado** (ou desconcentrado).

O **modelo centralizado** assenta numa estrutura governamental de âmbito nacional com poder decisório, com ou sem delegações, envolvendo as restantes entidades intervenientes através de Conselhos multidisciplinares.

O **modelo descentralizado** favorece a criação de entidades gestoras descentralizadas, de base regional, com poder de decisão, responsáveis pela definição de políticas, podendo ou não assumir a operacionalização das medidas e acções.

No Quadro 13 apresenta-se uma caracterização de modelos de gestão de recursos hídricos em alguns países.

**Quadro 13 – Caracterização de modelos de gestão de recursos hídricos em alguns países**

| País          | Base do Modelo de Gestão de Recursos Hídricos |                                     | Entidades Gestoras de Recursos Hídricos |                                  |  | Elaboração de Planos de Bacia Hidrográfica | Modelo de Administração do Território |                          |
|---------------|---|-------------------------------------|---|----------------------------------|--|--|---------------------------------------|--------------------------|
|               | Gestão centralizada <sup>14</sup>             | Gestão desconcentrada <sup>15</sup> | Autonomia administrativa e financeira   | Carácter sectorial <sup>16</sup> | Carácter multi-sectorial <sup>17</sup> |  | Unidades hidrologicas                 | Unidades administrativas |
| Portugal      |   | ●                                   | Sim                                     | ●                                |  | Sim  |                                       | ●                        |
| Alemanha      | ●   |                                     | Não                                     |                                  | ●                                      | Sim  |                                       | ●                        |
| França        |   | ●                                   | Sim                                     | ●                                |  | Sim  |                                       | ●                        |
| Reino Unido   |   | ●                                   | Sim                                     | ●                                |  | Sim  |                                       | ●                        |
| Espanha       |   | ●                                   | Sim                                     | ●                                |  | Sim  |                                       | ●                        |
| Itália        |   | ●                                   | Sim                                     | ●                                |  | Sim  |                                       | ●                        |
| Brasil        |   | ●                                   | Sim                                     | ●                                |  | Sim  |                                       | ●                        |
| EUA           | ●   | ●                                   | Sim                                     | ●                                | ●                                      | Sim  |                                       | ●                        |
| Nova Zelândia |   | ●                                   | Não                                     |                                  | ●                                      | Sim  | ●                                     |                          |
| Austrália     | ●   |                                     | Não                                     |                                  | ●                                      | Sim  |                                       | ●                        |
| Tailândia     | ●   |                                     | Não                                     |                                  | ●                                      | Sim  |                                       | ●                        |
| China         | ●   |                                     | Não                                     |                                  | ●                                      | Sim  |                                       | ●                        |
| Rússia        | ●   |                                     | Não                                     |                                  | ●                                      | Sim  |                                       | ●                        |

Fonte: MAOTDR (2007)

### 2.5.3 Modelo Francês<sup>d</sup>

O Modelo de Gestão Francês está definido do Código Ambiental, em particular no seu livro II relativo aos agentes físicos (artigos L211-1 a L220-2), e mais concretamente sob o Título I – Água e Ambientes Aquáticos, e tem como objectivo providenciar uma gestão de recursos hídricos equilibrada, através de uma preservação do ecossistema aquático e da qualidade da água e do combate à poluição, desenvolvimento e protecção dos recursos hídricos, desenvolvimento da água como recurso económico e de uma eficiente distribuição da mesma.

O modelo Francês assenta na seguinte estrutura administrativa e financeira (artigos L213-1 a L213-20):

<sup>d</sup> Fonte: [38] Journal Officiel de la République Française, Code de L'environnement, in: [www.legifrance.gouv.fr](http://www.legifrance.gouv.fr), acedido em 26/06/2006

- i) Agência Nacional da Água, cujo papel consiste em: emitir pareceres sobre as áreas geográficas limítrofes das bacias ou grupo de bacias; emitir pareceres sobre projectos nacionais e os maiores projectos regionais relativos ao desenvolvimento e distribuição de água; emitir pareceres sobre qualquer questão relativa a duas ou mais comités de bacias hidrográficas ou autoridades de administração hidrográficas; recolher informação e documentação necessária à emissão dos pareceres.
- ii) Em cada bacia hidrográfica, ou grupo de bacias, existe uma agência de bacia hidrográfica. Estas são compostas por: representantes das regiões e autoridades locais; representantes dos utilizadores de recursos hídricos; representantes nomeados pelo estado, em particular de grupos socioprofissionais. Esta entidade é ainda consultada sobre questões que envolvam disputas entre as autoridades e grupos de interesse que se verifiquem na sua área de jurisdição.
- iii) Existe ainda, em cada bacia hidrográfica a figura do Perfeito, (*Préfet*), da região que tem como atribuições garantir a implementação e a coordenação da política estatal relativa à política de gestão de recursos hídricos de maneira a garantir consistência das acções descentralizadas do estado nas diferentes regiões.
- iv) Cada bacia ou grupo de bacias possui uma autoridade de administração da água, entidade pública administrativa, dotada de personalidade jurídica e autonomia financeira, com a atribuição de promover as mais diversas acções dos interessados, na bacia ou grupo de bacias respectivas. Estas são constituídas por um Presidente nomeado por decreto, representantes das regiões e autoridades locais situadas total ou parcialmente nas bacias, representantes dos utentes, representantes do estado e um representante do “staff” da autoridade.

#### **2.5.3.1 Financiamento**

A política de financiamento da água, como definido no artigo 58 da lei de financiamento do ano 2000 (acto n.º 99-1172 de 30 Dezembro 1999) é “herdada” do Decreto n.º 54-982 de 1 de Outubro de 1954 que estabelece o “Fundo Nacional para o Desenvolvimento da Adução de Água” hoje “Fundo Nacional da Água”, que na sua segunda secção, denominada por “Fundo Nacional de Solidariedade para a Água”, cujo coordenador máximo é o Ministério do Ambiente, estabelece como despesas:

- Investimentos relativos a redução da poluição e estudos conducentes à recolha de informação;
- Investimentos de reabilitação de ambientes degradados;
- Investimentos conducentes a uma melhor economia de água e maior protecção de zonas húmidas;
- Custos de operação, de estudos, e de acções de cooperação internacional;
- Investimentos relativos a acções de interesse comum em bacias hidrográficas

O financiamento destas actividades tem origem estatal e é definido anualmente pela lei de finanças.

O valor da contribuição de solidariedade de água é definido como despesa compulsiva no orçamento inicial das autoridades da água.

Como meio de promoção de obtenção dos objectivos definidos no plano de gestão da água, as autoridades locais e os grupos de interesse respeitantes podem-se associar e formar um comité de água local.

As associações e corpos sindicatos a desenvolver actividades relacionadas com a água podem associar-se, com poder consultivo.

As autoridades locais, assim como grupos e associações, podem-se juntar e formar uma “Instituição pública local de bacia hidrográfica”, ao nível de bacias e sub-bacias, de maneira a promover uma gestão equilibrada dos recursos hídricos. Este organismo é composto e opera segundo o estabelecido no Código Geral das Colectividades Territoriais de Gestão. O Perfeito coordenador da bacia define o âmbito das intervenções das instituições supracitadas, por decreto, e após parecer dos comités de bacia hidrográfica e das autoridades locais respeitantes, devendo também ser ouvido o comité local da água.

#### **2.5.4 Modelo Brasileiro**

A partir do início dos anos 1990, no Brasil, foi crescendo uma consciencialização geral da necessidade de reforma do estado, no sentido de evoluir de um “estado produtor” para um “estado regulador”. Nesta perspectiva, alguns sectores tradicionalmente geridos

pelo estado deveriam passar a ser explorados pelo sector privado através de mecanismos como a concessão pública. No entanto, é importante relevar que a privatização ou concessão de sectores importantes impõe um modelo adequado de regulação, Faria (2004).

O actual modelo de gestão de recursos hídricos no Brasil tem por base a nova Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 que no seu artigo 21 atribui à União a competência de instituir o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH), bem como definir critérios de outorga e de direitos de uso.

No artigo 20 institui-se que lagos, rios e quaisquer correntes de água que banhem mais do que um estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro, ou dele provenham, pertencem à União. Desta forma, todos os demais são do domínio dos estados.

Consequência desta definição, e de acordo com o código civil brasileiro, todas as águas passam a ser incluídas na categoria de bens públicos de uso comum, não sendo assim, susceptíveis de direito de propriedade, podendo no entanto, o estado, conceder direito de uso a particulares, Carrera-Fernandez (2000).

A legislação Federal define fundamentos, directrizes e instrumentos para a implementação de uma política de regulação de recursos hídricos no Brasil, e tem como principal objectivo garantir o uso racional e integrado dos recursos hídricos como meio de garantir, tanto à geração actual como às vindouras, disponibilidade de água com padrões aceitáveis de qualidade.

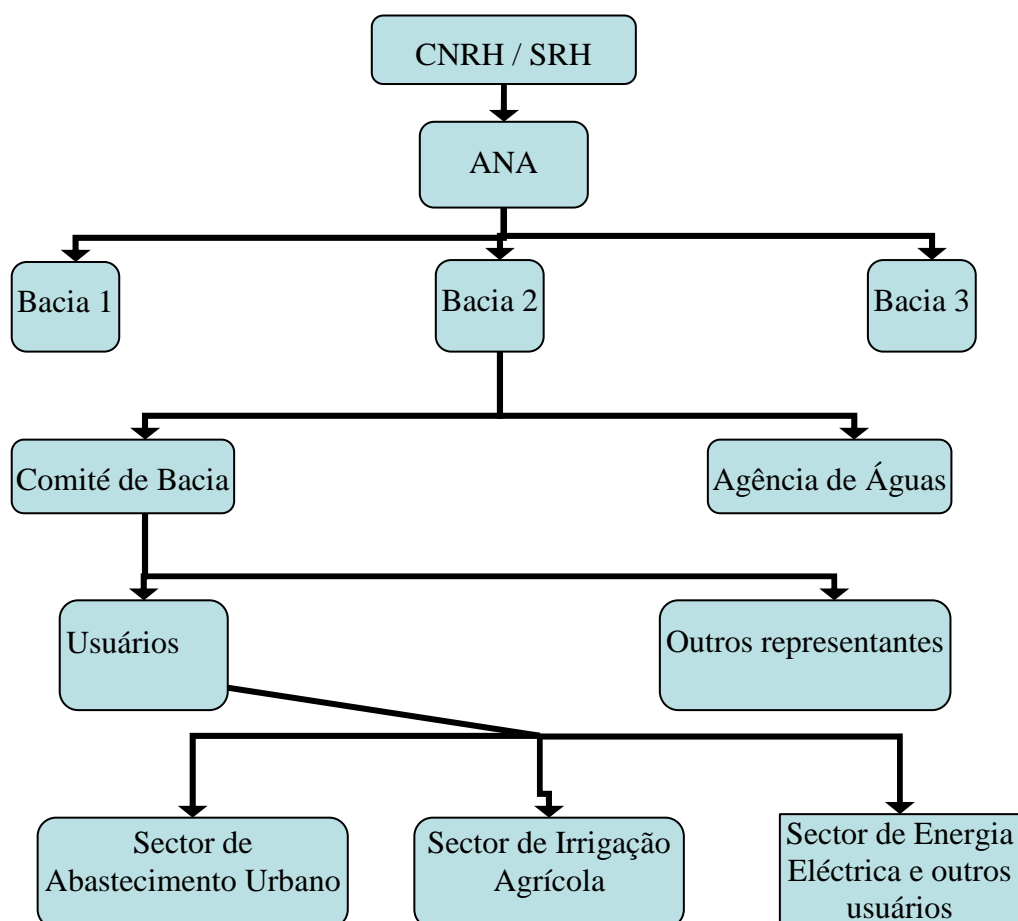
A presente política de regulação e gestão de recursos hídricos assenta numa perspectiva descentralizada, por bacia hidrográfica, na qual se promove um envolvimento, não apenas do poder político, mas também de todos os utentes. É ainda reconhecida, à água, o carácter de bem público de disponibilidade limitada e dotado de valor económico. Define-se bacia hidrográfica como a unidade territorial a ser considerada para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) através do SNGRH.

Um dos principais componentes do SNGRH é o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), composto por representantes do poder político central, do poder local e de utentes, e é o órgão máximo normativo e deliberativo, com competência de decisão e de articulação sobre os diferentes órgãos, entidades e instrumentos da PNRH. A

Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), do Ministério do Meio Ambiente, actua como órgão executivo do CNRH, Faria e Faria (2004).

O principal órgão executor da PNRH é a Agência Nacional de Águas (ANA), vinculada ao Ministério do Meio Ambiente, mas com autonomia administrativa e financeira, Faria e Faria (2004), e com as seguintes principais atribuições (Lei Nº 9.984, 2000):

- Supervisionar, controlar e avaliar as acções e actividades decorrentes do cumprimento da legislação federal pertinente aos recursos hídricos;
- Implementar os instrumentos da PNRH;
- Outorgar, por intermédio de autorização, o direito de uso dos corpos de água de domínio da União;
- Implementar, em articulação com os comités de Bacia Hidrográfica, a cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União;
- Participar da elaboração do PNRH e supervisionar a sua implementação.



**Figura 19 - Estrutura Administrativa do Sector dos Recursos Hídricos Brasileiro**

Fonte: Faria e Faria (2004: 204)



De acordo com a Lei Nº 9.433/1997 de 08 de Janeiro que trata da Política Nacional de Recursos Hídricos, cada bacia hidrográfica deverá ter um Comité de Bacia (CBH) Hidrográfica e uma Agência de Água (AA). Cada CBH actua no âmbito da sua bacia e têm como principais atribuições: promover o debate das questões relacionadas com os recursos hídricos e articular a actuação das entidades intervenientes; arbitrar os conflitos em primeira instância administrativa; aprovar o Plano de Recursos Hídricos da bacia; acompanhar a execução do Plano de Recursos Hídricos; estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso dos recursos hídricos. Estes comités servem ainda de fórum de discussão e de decisão sobre os projectos, programas e intervenções relativos às áreas das suas bacia hidrográficas, representam o parlamento das águas e têm como secretaria executiva as Agências de Água. Por fim, as Agências de Água exercem a função de secretaria executiva do respectivo ou respectivos Comités de Bacia Hidrográfica e actuarão segundo as atribuições dos mesmo, podendo no entanto, actuar em um ou mais comités. A estas compete, entre outros: manter balanço actualizado da disponibilidade de recursos hídricos da sua área de actuação; manter o cadastro de usuários de recursos hídricos; efectuar, mediante delegação do outorgante, a cobrança pelo uso de recursos hídricos; analisar e emitir pareceres sobre os projectos e obras a serem financiados com recursos gerados pela cobrança pelo uso de Recursos Hídricos e encaminhá-los à instituição financeira responsável pela administração desses recursos; acompanhar a administração financeira dos recursos arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos em sua área de actuação; gerir o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos em sua área de actuação; promover os estudos necessários para a gestão dos recursos hídricos em sua área de actuação; elaborar o Plano de Recursos Hídricos para apreciação do respectivo Comité de Bacia Hidrográfica;

### **2.5.5 Modelo Português de Gestão de Recursos Hídricos anterior a 2005**

A diversidade de organismos que intervinham de uma maneira ou de outra com os recursos hídricos criava dificuldades, tornando as relações institucionais quanto a recursos hídricos muito complexas, Costa (1992). Tal facto é também visível na quantidade e diversidade de legislação produzida ao longo dos anos, apenas a título de exemplo: Decreto-Lei n.º 70/90, de 2 de Março que definia o regime de bens do domínio público hídrico do Estado, incluindo a respectiva administração e utilização;

Decreto-Lei n.º 45/94, de 22 de Fevereiro que regulava o processo de planeamento de recursos hídricos e a elaboração e aprovação dos planos de recursos hídricos; Decreto-Lei n.º 46/94, de 22 de Fevereiro que estabelecia o regime da utilização do domínio hídrico, sob jurisdição do Instituto da Água (INAG); Decreto-Lei n.º 47/94, de 22 de Fevereiro que estabelecia o regime económico e financeiro da utilização do domínio público hídrico, sob jurisdição do INAG; Capítulos III e IV do Decreto-Lei n.º 468/71, de 5 de Novembro; Decreto-Lei n.º 254/ 99, de 7 de Julho.

Para a análise do modelo de gestão da água em vigor até ao ano de 2005 importa explorar, em especial os Decreto-Lei n.º 70/90, 45/90 e 47/90.

#### **2.5.5.1 Decreto-Lei n.º 70/90 de 2 de Março**

No âmbito da aplicação do presente Decreto-Lei, a administração do domínio público hídrico do Estado e do domínio hídrico privado regia-se pelos seguintes princípios:

- a) Respeito pela bacia hidrográfica, conjuntos de bacias ou zonas consideradas afins numa óptica de utilização da água, como unidades de planeamento e gestão;
- b) Enquadramento das acções de intervenção no domínio público hídrico num processo de planeamento global e integrado, assente na especialidade de cada bacia;
- c) Utilização racional da água e protecção dos aquíferos dos leitos e das margens, salvaguardando aspectos de quantidade e de qualidade;
- d) Articulação do planeamento e administração dos recursos hídricos com os planeamentos sectoriais as estratégias de desenvolvimento regional, o ordenamento do território e a conservação e protecção do ambiente;
- e) Definição da água como um bem de consumo ou factor de produção estruturante do desenvolvimento, a que é atribuído um valor e um custo.

Para promover um planeamento e gestão de recursos hídricos de uma forma racional optou-se por definir como unidade de gestão a bacia hidrográfica, conjuntos de bacias hidrográficas ou zonas consideradas afins numa óptica de utilização da água, criando para o efeito administrações de recursos hídricos, ARHs (**mesma sigla das Administrações de Região Hidrográfica, mas com diferentes âmbitos**).

Cabia ao INAG a articulação das ARHs, a responsabilidade de uma política nacional de recursos hídricos, e a superintendência financeira e tecnicamente das ARHs. Era ainda

da competência do primeiro, através da administração da região hidrográfica territorialmente competente, a fiscalização do cumprimento das normas constantes do presente diploma

A administração e gestão dos recursos hídricos desenvolviam-se nos seguintes níveis:

- a) A nível central, pelo exercício de funções de coordenação nacional, de representação internacional e de promoção de grandes objectivos ou de iniciativas de dimensão nacional;
- b) A nível de bacia ou região hidrográfica, onde se exerciam funções de autoridade do domínio público hídrico, nomeadamente de licenciamento e fiscalização e de promoção e apoio ao fomento hidráulico, assente num processo de planeamento integrado que identifica as disponibilidades, necessidades, estrangulamentos e potencialidades, bem como os objectivos de curto, médio e longo prazo e as acções e recursos necessários para os atingir;
- c) A nível sub-regional ou local, onde prevaleciam os utilizadores dos recursos hídricos do domínio público hídrico, que promoviam e realizavam acções de fomento hidráulico, incluindo a realização e exploração de infra-estruturas hidráulicas.

Na administração dos recursos hídricos do Estado intervinham as seguintes entidades:

- a) O INAG, e respectivas administrações de recursos hídricos (ARHs);
- b) Os conselhos regionais da água;
- c) Associações de utilizadores e utilizadores individuais.

No que respeita ao financiamento e regime económico-financeiro dos modelos de gestão da água aqui definidos, e em particular em acções de iniciativa do Estado, o INAG poderia financiar, a fundo perdido, a componente das infra-estruturas primárias e custo das acções complementares a elas associadas não imputáveis a nenhum uso específico, sem prejuízo de uma repartição dos demais encargos, total ou parcialmente, pelos sectores utilizadores. Os utilizadores ou as entidades sectorialmente competentes asseguravam o financiamento integral da componente das infra-estruturas primárias, das infra-estruturas secundárias e das terciárias, bem como de todas as acções complementares associadas, imputáveis à sua utilização específica.

As utilizações do domínio público hídrico, incluindo rejeição de efluentes, qualquer que fosse a natureza e personalidade jurídica do utilizador, estavam sujeitas ao pagamento de uma taxa denominada «taxa de utilização».

A liquidação e cobrança da taxa referida no número anterior competia as ARHs, ficando a constituir receita própria destinada ao financiamento de investimentos de protecção e melhoria dos recursos hídricos e a cobertura das suas despesas de exploração, sendo a respectiva repartição fixada no âmbito do processo de aprovação do plano e orçamentos anuais.

Os beneficiários de infra-estruturas hidráulicas ou de saneamento básico estavam sujeitos ao pagamento de uma taxa de exploração, conservação e beneficiação.

A liquidação e cobrança da taxa referida no número anterior competia às entidades gestoras das infra-estruturas, ficando a constituir receita própria destas e das entidades financiadoras dos investimentos.

Relativamente a coimas, o produto das mesmas reverteria para as administrações dos recursos hídricos com jurisdição na área da sua aplicação, ficando a constituir receitas próprias daquela entidade.

#### **2.5.5.2 Decreto-Lei n.º 45/94 de 22 de Fevereiro**

O presente diploma regula o processo de planeamento de recursos hídricos e a elaboração e aprovação dos planos de recursos hídricos.

Os planos de recursos hídricos compreendiam, neste Decreto-Lei, o Plano Nacional da Água (PNA) que abrangia todo o território nacional e os planos de bacia hidrográfica (PBH) que abrangiam as seguintes bacias hidrográficas:

1) Bacia hidrográfica do Minho; 2) Bacia hidrográfica do Lima; 3) Bacia hidrográfica do Cávado; 4) Bacia hidrográfica do Ave; 5) Bacia hidrográfica do Douro; 6) Bacia hidrográfica do Leça; 7) Bacia hidrográfica do Vouga; 8) Bacia hidrográfica do Mondego; 9) Bacia hidrográfica do Lis; 10) Bacia hidrográfica das ribeiras do Oeste; 11) Bacia hidrográfica do Tejo; 12) Bacia hidrográfica do Sado; 13) Bacia hidrográfica do Mira; 14) Bacia hidrográfica do Guadiana; 15) Bacia hidrográfica das ribeiras do Algarve.

A elaboração do PNA e dos PBH do Minho, Douro, Tejo e Guadiana competia ao Instituto da Água (INAG), enquanto que elaboração dos restantes PBH competia às direcções regionais do ambiente e recursos naturais (DRARN), incluídas nas estruturas organizativas das Comissões de Coordenação das Regiões, respectivamente: À DRARN do Norte, os PBH do Lima, Cávado, Ave e Leça; À DRARN do Centro, os PBH do Vouga, Mondego e Lisboa; À DRARN de Lisboa e Vale do Tejo, o PBH das ribeiras do Oeste; À DRARN do Alentejo, os PBH do Sado e do Mira; À DRARN do Algarve, o PBH das ribeiras do Algarve

### **Conselho Nacional da Água**

O Conselho Nacional da Água (CNA), por definição no referido Decreto-Lei, era o órgão consultivo de planeamento nacional, onde estavam representadas a Administração Pública e as organizações profissionais e económicas mais representativas, de âmbito nacional, relacionadas com os distintos usos da água.

Eram competências do CNA: acompanhar a elaboração do PNA e informar a proposta do Plano antes da sua aprovação pelo Ministro do Ambiente e Recursos Naturais; informar dos planos e projectos de interesse geral que afectem substancialmente o planeamento dos recursos hídricos ou os usos da água; informar as questões comuns a duas ou mais DRARN em relação ao aproveitamento dos recursos hídricos; emitir informações sobre todas as questões relacionadas com os recursos hídricos que lhe sejam submetidas pelo Ministro do Ambiente e Recursos Naturais; propor linhas de estudo e investigação para o desenvolvimento de inovações técnicas no que se refere à disponibilização, utilização, conservação recuperação, tratamento integral e economia da água.

Como órgão consultivo de planeamento regional tinha-se o conselho de bacia (CB), onde estavam representados os organismos do Estado relacionados com o uso da água e os seus utilizadores. Existindo um conselho de bacia para cada um dos PBH.

Era da competência do CB acompanhar a elaboração do PBH e informar o projecto do PBH antes da sua aprovação e suas posteriores revisões, estabelecer o montante da taxa de regularização, informar e formular propostas de interesse geral para a bacia, propor objectivos de qualidade da água na bacia hidrográfica de acordo com os diversos usos actuais e futuros, propor a realização de estudos hidrológicos relevantes para a bacia,

dar parecer sobre esquemas e obras de aproveitamentos hidráulicos, e dar parecer sobre todas as questões relativas à repartição das águas e às medidas a tomar contra a poluição.

Por fim, as acções e medidas definidas nos planos de recursos hídricos deveriam ser previstas em todos os instrumentos de planeamento que definissem ou determinassem a ocupação física do solo, designadamente planos regionais e municipais de ordenamento do território.

#### **2.5.5.3 Decreto-Lei 47/94 de 22 de Fevereiro**

Neste diploma estabelecia-se o regime económico e financeiro de utilização do domínio público hídrico, sob jurisdição do Instituto da Água (INAG).

A utilização do domínio público hídrico estava sujeita ao pagamento de uma taxa, denominada «taxa de utilização», destinada à protecção e melhoria daquele domínio.

Os beneficiários de obras de regularização de águas superficiais ou subterrâneas realizadas total ou parcialmente pelo Estado estavam sujeitos ao pagamento de uma taxa, denominada «taxa de regularização», destinada a compensar o seu investimento e os gastos de exploração e conservação de tais obras. Os beneficiários eram todas as pessoas singulares ou colectivas, públicas ou privadas, que, de forma directa ou indirecta, beneficiassem de obras hidráulicas de regularização.

Estavam sujeitos à taxa de utilização os titulares de licenças ou concessões de utilização do domínio público hídrico. Esta taxa é a contraprestação devida pelo uso privativo dos bens do domínio público hídrico.

#### **2.5.5.4 Deficiências do Modelo**

O Modelo anteriormente em vigor apresentava diversas deficiências, nomeadamente, INAG (2002):

- A sobreposição de competências ou a falta de explicitação de outras, entre as entidades que interferiam na administração dos recursos hídricos, conduziu a abusos nas utilizações que potenciavam a conflitualidade;

- As ocupações do domínio hídrico sem licenciamento, ou com licenciamento deficiente, é outra das causas para a conflitualidade de interesses que mais se fazem sentir em períodos de escassez ou seca.
- A não coincidência entre os limites administrativos das entidades interveniente (como as Comissões de Coordenação) e as bacias hidrográficas, o que potenciava conflitos e tornava a gestão um acto ainda mais complexo.

## **2.5.6 Modelo Português de Gestão de Recursos Hídricos vigente**

### **2.5.6.1 Enquadramento legal**

O enquadramento legal actualmente em vigor assenta fundamentalmente na Directiva Quadro da Água, Directiva 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro, que estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da política da água e na sua transposição para o ordenamento jurídico interno, através da Lei n.º 58/2005 de 29 de Dezembro, Lei-Quadro da Água, que estabelece as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas em Portugal.

No âmbito deste estudo importa ainda referir a Lei n.º 54/2005, de 15 de Novembro que estabelece a titularidade dos recursos hídricos, o Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de Junho que estabelece o regime económico e financeiro dos recursos hídricos, o Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de Março, o qual complementa a transposição da Directiva Quadro da Água, o Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio, que estabelece o regime da utilização dos recursos hídricos, a Portaria n.º 1450/2007, de 12 de Novembro, que fixa as regras do regime de utilização dos recursos hídricos, e o Decreto-Lei n.º 208/2007, de 29 de Maio, que aprova a orgânica das Administrações das Regiões Hidrográficas, I. P. (ARH).

#### ***Lei n.º 58/2005 de 29 de Dezembro***

O objectivo geral da Lei n.º 58/2005, para além de responder a um impositivo europeu de transposição da directiva para o ordenamento jurídico Português, consiste essencialmente na criação de bases e de um quadro institucional para a gestão sustentável das águas.

Como objectivos específicos da presente lei, e tendo sempre presente o âmbito deste estudo, salientam-se os referidos nas alíneas b) - *Promover uma utilização sustentável*

*de água, baseada numa protecção a longo prazo dos recursos hídricos disponíveis; e) - Mitigar os efeitos das inundações e das secas; e f) - Assegurar o fornecimento em quantidade suficiente de água de origem superficial e subterrânea de boa qualidade, conforme necessário para uma utilização sustentável, equilibrada e equitativa da água.* Para tal, no artigo 3.º estabelecem-se, entre outros, os seguintes princípios orientadores da política de gestão da água:

1 -

- a) *Princípio do valor social da água, que consagra o acesso universal à água para as necessidades humanas básicas, a custo socialmente aceitável, e sem constituir factor de discriminação ou exclusão;*
- c) *Princípio do valor económico da água, por força do qual se consagra o reconhecimento da escassez actual ou potencial deste recurso e a necessidade de garantir a sua utilização economicamente eficiente, com a recuperação dos custos dos serviços de águas, mesmo em termos ambientais e de recursos, e tendo por base os princípios do poluidor-pagador e do utilizador-pagador;*
- d) *Princípio de gestão integrada das águas e dos ecossistemas aquáticos e terrestres associados e zonas húmidas deles directamente dependentes, por força do qual importa desenvolver uma actuação em que se atenda simultaneamente a aspectos quantitativos e qualitativos, condição para o desenvolvimento sustentável.*

2 - *A região hidrográfica é a unidade principal de planeamento e gestão das águas, tendo por base a bacia hidrográfica.*

A presente lei, no respeito do estabelecido na Directiva Quadro estabelece ainda um novo enquadramento institucional assente em Regiões Hidrográficas e respectivas Administrações, bem como novos instrumentos de gestão explorados mais à frente (ver Capítulo 2.5.6 ).

#### ***Lei n.º 54/2005, de 15 de Novembro***

A Lei n.º 54/2005, de 15 de Novembro, estabelece a titularidade dos recursos hídricos e tem como âmbito de aplicação todos recursos hídricos, os respectivos leitos e margens, zonas adjacentes, zonas de infiltração máxima e zonas protegidas.



Esta Lei assume particular importância, não apenas por estabelecer a titularidade dos recursos hídricos, mas principalmente por definir as responsabilidades dos titulares. Nesta, em particular no seu artigo 9.º, estabelece-se que “*o domínio público hídrico pode ser afecto por lei à administração de entidades de direito público encarregadas da prossecução de atribuições de interesse público a que ficam afectos, sem prejuízo da jurisdição da autoridade nacional da água*”, e que no caso da “*gestão de bens do domínio público hídrico por entidades de direito privado*”, esta apenas pode “*ser desenvolvida ao abrigo de um título de utilização, emitido pela autoridade pública competente para o respectivo licenciamento*”.

No âmbito deste estudo, e em particular no que se refere ao exemplo da aplicação dos SIG's na gestão de recursos hídricos, importa salientar os artigos 23.º, 24.º e 25.º, nomeadamente no que se refere à determinação de zonas ameaçadas pelas cheias, à possibilidade de estas serem classificadas como zonas adjacentes, e em especial à possibilidade da instituição de restrições de utilidade pública nas zonas adjacentes. O artigo 73º que estabelece a criação do Sistema Nacional de Informação dos Títulos de Utilização dos Recursos Hídricos, SNITURH, concretiza que este deverá incluir o registo e caracterização sumária de todas as autorizações, licenças e concessões de utilização, qualquer que seja a entidade emissora, devendo conter os direitos e obrigações dos utilizadores e os critérios legais da emissão e fiscalização da utilização, é também um ponto a realçar uma vez que, em conjunto com os artigos atrás citados, constituem questões sobre as quais os SIG's podem assumir particular protagonismo, como se verá adiante.

#### ***Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de Junho***

O Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de Junho, fundamenta-se no definido na Lei n.º 58/2005, em particular no capítulo VII e artigo 102.º, e institui o regime económico e financeiro dos recursos hídricos, e estabelece três instrumentos para a sua aplicação: a taxa de recursos hídricos; as tarifas dos serviços públicos de águas; e os contratos-programa em matéria de gestão de recursos hídricos.

O regime económico e financeiro dos recursos hídricos orienta-se, entre outros, pelos princípios do valor social da água, da dimensão ambiental da água e do valor económico da água.

É amplamente defendido, sendo a Directiva-Quadro da água exemplo disso mesmo, o emprego de instrumentos económicos e financeiros na racionalização do aproveitamento dos recursos hídricos.

O aproveitamento de águas do domínio público hídrico, a descarga de efluentes, a extracção de inertes, a ocupação do domínio público hídrico ou a utilização de águas cujo planeamento e monitorização são assegurados pelo Estado são actividades às quais estão associados custos públicos e benefícios particulares muito significativos, e que são tanto maiores quanto se agrava a escassez dos recursos hídricos e se intensifica a actividade de planeamento, gestão e protecção destes recursos a que as autoridades públicas estão obrigadas. É essencial à gestão sustentável da água a compensação destes custos e benefícios, principalmente porque desta forma o utilizador interioriza os custos e benefícios que projecta sobre a comunidade tornando-o sensível a um aproveitamento racional dos recursos hídricos.

O presente Decreto-Lei, define três instrumentos fundamentais para a gestão sustentável da água: a taxa de recursos hídricos; as tarifas dos serviços públicos de águas; e os contratos-programa relativos a actividades de gestão dos recursos hídricos. Estes três instrumentos são os pilares do actual modelo económico-financeiro da gestão dos recursos hídricos.

A taxa de recursos hídricos, assenta no princípio de que o utilizador dos recursos hídricos deve contribuir na medida do custo que imputa à comunidade ou na medida do benefício que a comunidade lhe proporciona, traduzindo desta forma princípios como o do utilizador-pagador e do poluidor-pagador. Esta taxa limita-se aos aproveitamentos que, pela sua dimensão e efeitos, estejam sujeitos a título de utilização, pois são estes que a Lei da Água considera susceptíveis de provocar sobre os recursos hídricos um impacte significativo.

A taxa de recursos hídricos resulta da soma das cinco seguintes componentes que a constituem:

- Componente A — utilização de águas do domínio público hídrico do Estado: esta componente é calculada pela aplicação de um valor de base ao volume de água captado, desviado, ou utilizado, expresso em metro cúbico, multiplicado pelo coeficiente de escassez aplicável quando não se trate de águas marinhas e tem como valor base (ver Quadro 14 e Quadro 15).

**Quadro 14 - Componente A da taxa de recursos hídricos (utilização de águas do domínio público hídrico do Estado)**

| Actividade   | Valor base               |
|--|--------------------------|
| Agricultura, piscicultura, aquaculturas marinhas e culturas biogenéticas | € 0,003/m <sup>3</sup>   |
| Produção de energia hidroeléctrica                                       | € 0,00002/m <sup>3</sup> |
| Produção de energia termoeléctrica                                       | € 0,0027/m <sup>3</sup>  |
| Sistemas de água de abastecimento público                                | € 0,013/m <sup>3</sup>   |
| Demais casos   | € 0,015/m <sup>3</sup>   |

E como coeficiente de escassez:

**Quadro 15 - Coeficiente de escassez a aplicar à componente A da taxa de recursos hídricos**

| Bacia Hidrográfica                            | Coeficiente de escassez |
|---|-------------------------|
| Minho, Lima, Cávado, Ave, Leça e Douro        | 1                       |
| Vouga, Mondego, Lis, ribeiras do oeste e Tejo | 1,1                     |
| Sado, Mira, Guadiana e Ribeiras do Algarve    | 1,2                     |

Podem ainda verificar-se situações de isenção, ou de redução segundo percentagens devidamente estabelecidas na lei, do pagamento da presente componente.

- Componente E — descarga de efluentes, directa ou indirecta, sobre os recursos hídricos, susceptível de causar impacte significativo, e calcula-se pela aplicação de um valor de base à quantidade de poluentes contida na descarga, expressa em quilograma, tendo como valor base:
  - € 0,3/Kg de matéria oxidável;
  - € 0,13/Kg de azoto total;
  - € 0,16/Kg de fósforo total.

Podem ainda verificar-se situações de isenção, ou de redução segundo percentagens devidamente estabelecidas na lei, do pagamento da presente componente.

- Componente I — extracção de inertes do domínio público hídrico do Estado: o valor desta componente resulta da aplicação de um valor de base de € 2,50 ao volume de inertes extraídos, expresso em metro cúbico;
- Componente O — ocupação de terrenos do domínio público hídrico do Estado e à ocupação e criação de planos de água. Esta componente resulta da aplicação de um valor de base à área ocupada, expressa em metro quadrado sendo este valor de (ver Quadro 16).

**Quadro 16 - Componente O da taxa de recursos hídricos (ocupação de terrenos do domínio público hídrico do Estado e à ocupação e criação de planos de água)**

| Actividade   | Valor base                   |
|--|------------------------------|
| Produção de energia eléctrica e piscicultura com equipamentos localizados no mar e criação de planos de água   | € 0,002/m <sup>2</sup>       |
| Agricultura, piscicultura, aquacultura, marinhas, culturas biogenéticas, infra-estruturas e equipamentos de apoio à pesca tradicional, saneamento, abastecimento público de água e produção de energia eléctrica | € 0,05/m <sup>2</sup>        |
| Indústria  | 1,5 < €/m <sup>2</sup> < 2   |
| Edificações destinadas a habitação   | 3,75 < €/m <sup>2</sup> < 5  |
| Apoios temporários de praia e ocupações ocasionais de natureza comercial, turística ou recreativa com finalidade lucrativa   | 5 < €/m <sup>2</sup> < 7,50  |
| Apoios não temporários de praia e ocupações duradouras de natureza comercial, turística ou recreativa com finalidade lucrativa   | 7,50 < €/m <sup>2</sup> < 10 |
| Demais casos   | € 1/m <sup>2</sup>           |

| Actividade  | Valor base          |
|---|---------------------|
| Condutas, cabos, moirões e demais equipamentos que ocupem o domínio público hídrico (sempre que a ocupação se dê à superfície)    | € 1 / m (linear)    |
| Condutas, cabos, moirões e demais equipamentos que ocupem o domínio público hídrico (sempre que a ocupação seja feita no subsolo) | € 0,10 / m (linear) |

Podem ainda verificar-se situações de isenção, ou de redução segundo percentagens devidamente estabelecidas na lei, do pagamento da componente O.

- Componente U — utilização privativa de águas sujeitas a planeamento e gestão públicos, susceptível de causar impacte significativo: esta componente é calculada pela aplicação de um valor de base ao volume de água captado, desviado, ou utilizado, expresso em metro cúbico, tendo como valor base (ver Quadro 17)

**Quadro 17 - Componente U da taxa de recursos hídricos (utilização privativa de águas sujeitas a planeamento e gestão públicos, susceptível de causar impacte significativo)**

| Actividade   | Valor base                |
|--|---------------------------|
| Agricultura, piscicultura, aquaculturas marinhas e culturas biogénicas | € 0,0006/m <sup>3</sup>   |
| Produção de energia hidroelétrica                                      | € 0,000004/m <sup>3</sup> |
| Produção de energia termoelétrica                                      | € 0,00053/m <sup>3</sup>  |
| Sistemas de água de abastecimento público                              | € 0,0026/m <sup>3</sup>   |
| Demais casos   | € 0,003/m <sup>3</sup>    |

Podem ainda verificar-se situações de isenção, ou de redução segundo percentagens devidamente estabelecidas na lei, do pagamento da componente U.

Todos os utilizadores dos serviços públicos de águas estão sujeitos ao regime de **tarifas dos serviços públicos de águas**.

O tarifário dos serviços públicos de águas visa, não só o equilíbrio económico e financeiro das entidades que levam a cabo estes serviços públicos, mas também a recuperação, em prazo razoável, dos investimentos feitos na instalação, expansão, modernização e substituição das infra-estruturas e equipamentos necessários à prestação dos serviços.

Os contratos-programa relativos a actividades de gestão de recursos hídricos têm como objectivo aprofundar a actividade de administração por acordo, através da concertação entre interesses privados e públicos, reunindo o esforço da administração central com o esforço das autarquias locais, associações, empresas concessionárias, entidades privadas, cooperativas ou associações de utilizadores através do apoio a investimentos e acções que melhorem a sustentabilidade da gestão da água. Estes contratos-programa, têm como objectivo fundamental a promoção de uma utilização sustentável dos recursos hídricos, contribuindo para a interiorização dos custos e benefícios associados à utilização da água e privilegiando os usos que assegurem a sua utilização economicamente mais equilibrada e racional.

#### ***Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de Março***

O Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de Março, que complementa a transposição da Directiva Quadro da Água, assume particular importância por ser neste que se define as especificações técnicas e os métodos normalizados de caracterização das regiões hidrográficas ou das secções das regiões hidrográficas internacionais, e segundo os quais se deverão desenvolver e aplicar os instrumentos de planeamento (*e.g.*, planos de gestão de bacias hidrográficas).

Deste Decreto-Lei realça-se os seguintes anexos:

- ANEXO I - Caracterização de águas superficiais e de águas subterrâneas. Realça-se em especial a sua alínea vi) do ponto 1.1, no qual se define que a ***Autoridade Nacional da Água apresenta à Comissão Europeia um ou mais mapas (em formato GIS) da localização geográfica dos tipos compatíveis com o grau de diferenciação exigido segundo o sistema A***, pela referência explícita

à aplicação de Sistemas de Informação Geográfica como meio de transmissão de informação de gestão de recursos hídricos;

- ANEXO II - Condições de referência específicas para os tipos de massas de águas superficiais;
- ANEXO III - Avaliação de pressões sobre águas superficiais e águas subterrâneas e respectivo impacte;
- ANEXO IV - Análise económica das utilizações da água, que recolha dados pertinentes para:
  - a) ter em conta o princípio da recuperação dos custos dos serviços da água, tomando em consideração as previsões a longo prazo relativas à oferta e à procura de água na região hidrográfica e, quando necessário, as estimativas dos volumes, preços e custos associados à prestação dos serviços da água, e estimativas dos investimentos pertinentes, incluindo previsões desses investimentos;
  - b) A determinação, com base em estimativas dos seus custos potenciais, da combinação de medidas com melhor relação custo/eficácia no que se refere às utilizações da água a incluir no programa de medidas nos termos do artigo 30.º da Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro.
- ANEXO VI - Monitorização das águas superficiais;
- ANEXO VII - Monitorização de águas subterrâneas;
- ANEXO VIII - Controlo e monitorização das zonas de protecção

***Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio***

O Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio, estabelece o regime da utilização dos recursos hídricos. Do presente Decreto-Lei, importa relevar em particular o seu artigo 9.º, no qual se institui o Sistema Nacional de Informação dos Títulos de Utilização dos Recursos Hídricos (SNITURH), por ser o tipo de informação facilmente compilável numa base de dados geográficas, com importantes mais valias ao nível da análise em processos de licenciamento e da gestão de recursos hídricos em geral, como por exemplo nos processo de licenciamento de captação de águas subterrâneas e na respectiva gestão de recursos hídricos subterrâneos, como o controlo da sobre-

exploração de águas subterrâneas e na delimitação de perímetros de protecção às captações destinadas ao abastecimento público.

***Decreto-Lei n.º 208/2007 de 29 de Maio***

Do Decreto-Lei n.º 208/2007 de 29 de Maio, que aprova a orgânica das Administrações das Regiões Hidrográficas, I. P., ARH, importa realçar:

- Artigo 2.º - *Jurisdição territorial e sede*, que estabelece a área de jurisdição de cada bacia hidrográfica;
- Artigo 3.º - *Missão e atribuições*, no qual se definiu que a missão das ARH consiste em proteger e valorizar as componentes ambientais das águas, bem como proceder à gestão sustentável dos recursos hídricos no âmbito das respectivas circunscrições territoriais de actuação, através de: Elaboração e execução de planos de gestão de bacias hidrográficas e de planos específicos de gestão das águas e da definição e aplicação de programas de medidas; decisão sobre a emissão e emissão dos títulos de utilização dos recursos hídricos e fiscalização do cumprimento da sua aplicação; análise das características da respectiva região hidrográfica e das incidências das actividades humanas sobre o estado das águas, bem como análise económica das utilizações das águas, e promoção da requalificação dos recursos hídricos e a sistematização fluvial; definição da rede de monitorização da qualidade da água, bem como elaboração e aplicação do respectivo programa de monitorização; aplicação do regime económico e financeiro nas bacias hidrográficas da área de jurisdição, fixação por estimativa do valor económico da utilização sem título, emitir parecer sobre os montantes dos componentes da taxa de recursos hídricos, recolha das taxas e aplicação da parte que lhe cabe na gestão das águas das respectivas bacias ou regiões hidrográficas; elaboração do registo das zonas protegidas e identificação das zonas de captação destinadas a água para consumo humano;
- Artigo 11.º - *Receitas*, que define a proveniência das receitas das ARH, I. P.. Estas provêm por um lado das dotações que lhe forem atribuídas no Orçamento do Estado e por outro de receitas próprias, que podem ser, entre outros, de: cobrança da taxa de recursos hídricos decorrente da aplicação do regime económico e financeiro; produto da cobrança de coimas; taxas devidas por



serviços de licenciamento, autorização ou emissão de parecer ou outros; quantias cobradas pela realização de estudos e outros trabalhos ou serviços especializados prestados; resultado da edição e distribuição de publicações ou de outros materiais de informação ou comunicação.

O novo modelo de gestão assenta na determinação da região hidrográfica (RH) como unidade principal de planeamento e gestão das águas, tendo por base a bacia hidrográfica.

Para tal, foram criadas 10 regiões hidrográficas a que correspondem as seguintes bacias hidrográficas: Minho e Lima (RH 1); Cávado, Ave e Leça (RH 2); Douro (RH 3); Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste (RH 4); Tejo (RH 5); Sado e Mira (RH 6); Guadiana (RH 7); Ribeiras do Algarve (RH 8); Açores (RH 9) e Madeira (RH 10).

#### **2.5.6.2 Enquadramento Institucional**

O exercício das competências previstas na Lei cabe às seguintes instituições da administração pública:

- A nível nacional, o Instituto da Água (INAG), que, como autoridade nacional da água, representa o Estado;
- A nível de região hidrográfica, as Administrações das Regiões Hidrográficas (ARH), ao nível das regiões hidrográficas, com atribuições de gestão das águas, em particular ao nível do planeamento, licenciamento e fiscalização.
- A representação dos sectores de actividade e dos utilizadores dos recursos hídricos é exercida através do Conselho Nacional da Água (CNA), enquanto órgão consultivo do Governo em matéria de recursos hídricos e dos Conselhos da Região Hidrográfica (CRH), enquanto órgãos consultivos das administrações da região hidrográfica para as respectivas bacias hidrográficas.
- A articulação dos instrumentos de ordenamento do território, dos planos de águas e a integração da política da água nas políticas transversais de ambiente são asseguradas em especial pelas comissões de coordenação e desenvolvimento regional (CCDR).

As Administrações das regiões hidrográficas (ARH) são 7, sendo que a ARH do Norte abrange as RH 1, 2 e 3, a ARH do Centro abrange a RH 4, a ARH do Tejo, abrange a RH 5, a ARH do Alentejo abrange as RH 6 e 7 a ARH do Algarve abrange a RH 8. No caso das RH 9 e 10, as ARH serão estabelecidas nos actos legislativos previstos no artigo 101.º da Lei-Quadro.

As ARH são pessoas colectivas de âmbito regional dotadas de autonomia administrativa e financeira e património próprio, sujeitas à superintendência e tutela do Ministro do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, podendo as inerentes competências ser delegadas no presidente do INAG.

Entre outras, as ARH tem as seguintes atribuições:

- Decidir sobre a emissão e emitir os títulos de utilização dos recursos hídricos e fiscalizar essa utilização;
- Realizar a análise das características da região hidrográfica e das incidências das actividades humanas sobre o estado das águas;
- Realizar a análise económica das utilizações das águas das respectivas regiões;
- Aplicar o regime económico e financeiro nas bacias hidrográficas da área de jurisdição, fixar por estimativa o valor económico da utilização sem título, pronunciar-se sobre os montantes dos componentes da taxa de recursos hídricos, arrecadar as taxas e aplicar a parte que lhe cabe na gestão das águas das respectivas bacias ou regiões;
- Estabelecer na região hidrográfica a rede de monitorização da qualidade da água e elaborar e aplicar o respectivo programa de monitorização de acordo com os procedimentos e a metodologia definidos pela autoridade nacional da água.

As Comissões de coordenação e desenvolvimento regional (CCDR) são os órgãos desconcentrados do Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional a quem cabe, em termos regionais e com a colaboração técnica das ARH; a protecção e valorização das componentes ambientais das águas integradas na ponderação global de tais componentes através dos instrumentos de gestão territorial e o exercício das competências coordenadoras que lhe são atribuídas por lei no domínio da prevenção e controlo integrados da poluição.

O Conselho Nacional da Água (CNA) é o órgão de consulta do Governo no domínio das águas, no qual estão representados os organismos da Administração Pública e as organizações profissionais, científicas, sectoriais e não governamentais mais representativas e relacionadas com a matéria da água. São competências do CNA apreciar e acompanhar a elaboração do Plano Nacional da Água, dos planos de gestão de bacia hidrográfica e outros, formular ou apreciar opções estratégicas para a gestão sustentável das águas nacionais, apreciar e propor medidas que permitam um melhor desenvolvimento e articulação das acções deles decorrentes, assim como contribuir para o estabelecimento de opções estratégicas de gestão e controlo dos sistemas hídricos, harmonizar procedimentos metodológicos e apreciar determinantes no processo de planeamento relativamente ao Plano Nacional de Água e aos planos de bacia hidrográfica.

Os Conselhos da Região Hidrográfica (CRH) são os órgãos consultivos das ARH, em que estão representados os ministérios, outros organismos da Administração Pública, os municípios directamente interessados e as entidades representativas dos principais utilizadores relacionados com o uso da água na bacia hidrográfica respectiva, bem como as organizações técnicas, científicas e não governamentais representativas dos usos da água na bacia hidrográfica.

São competências dos CRH, entre outras:

- Apreciar e acompanhar a elaboração do plano de gestão da bacia hidrográfica e os planos específicos de gestão das águas, devendo emitir parecer antes da respectiva aprovação;
- Formular ou apreciar a proposta de objectivos de qualidade da água para a bacia hidrográfica;
- Dar parecer sobre a proposta de taxa de recursos hídricos;
- Pronunciar-se sobre questões relativas à repartição das águas;
- Apreciar as medidas a tomar contra a poluição;
- Dar parecer sobre o plano de actividades e o relatório e contas da ARH;
- Dar parecer sobre o plano de investimentos públicos a realizar no âmbito da respectiva região hidrográfica;

Nas áreas do domínio público hídrico afectas às administrações portuárias, a competência da ARH para licenciamento e fiscalização da utilização dos recursos hídricos considera-se delegada na administração portuária com jurisdição no local.

#### **2.5.6.3 Instrumentos de Gestão**

O ordenamento e planeamento dos recursos hídricos têm por objectivo, para além de uma utilização sustentável desses recursos, a sua protecção e valorização, bem como com a protecção de pessoas e bens contra fenómenos extremos associados às águas.

O ponto 1 do artigo 15º da Lei n.º 58/2005 diz ainda o seguinte: *As medidas de ordenamento e planeamento dos recursos hídricos têm como âmbito de intervenção, para além dos seus próprios limites geográficos, o território envolvente com incidência nesses recursos e as zonas objecto de medidas de protecção dos mesmos.* Assim, e ainda segundo o ponto 2 do artigo 14º da mesma Lei, devem ser planeadas e reguladas as utilizações dos recursos hídricos das zonas que confinam com os recursos hídricos, de modo a proteger a quantidade e a qualidade das águas, os ecossistemas aquáticos e os recursos sedimentológicos.

Os Instrumentos de intervenção para o ordenamento e o planeamento dos recursos hídricos são fundamentalmente de três tipos: **planos especiais de ordenamento do território; planos de recursos hídricos e medidas de protecção e valorização dos recursos hídricos.**

Os **planos especiais de ordenamento do território** dividem-se em:

- **Planos de ordenamento de albufeiras de águas públicas** que estabelecem a demarcação do plano de água, da zona reservada e da zona de protecção, a indicação do uso ou usos principais da água, a indicação das actividades secundárias permitidas, da intensidade dessas utilizações e da sua localização, a indicação das actividades proibidas e com restrições, e os valores naturais e paisagísticos a preservar;
- **Planos de ordenamento da orla costeira** nos quais se ordenam os diferentes usos e actividades específicas da orla costeira, classificam as praias e disciplinam o uso das praias especificamente vocacionadas para uso balnear, valorizam e qualificam as praias, dunas e falésias consideradas estratégicas por motivos ambientais e turísticos, enquadram o desenvolvimento das actividades

específicas da orla costeira e o respectivo saneamento básico, e asseguram os equilíbrios morfo-dinâmicos e a defesa e conservação dos ecossistemas litorais;

- **Planos de ordenamento dos estuários** os quais asseguram a gestão integrada das águas de transição com as águas interiores e costeiras confinantes, bem como dos respectivos sedimentos, preservam e recuperam as espécies aquáticas e ribeirinhas protegidas e os respectivos habitats; Ordenam a ocupação da orla estuarina e salvaguardam os locais de especial interesse urbano, recreativo, turístico e paisagístico; Indicam os usos permitidos e as condições a respeitar pelas várias actividades industriais e de transportes implantadas em torno do estuário.

Os **planos de recursos hídricos** têm como objectivo a protecção e gestão das águas e a compatibilização das suas utilizações com as suas disponibilidades, de forma a, por um lado garantir a sua utilização sustentável, por outro, proporcionar critérios de afectação ao vários tipos de usos, tendo em conta o valor económico de cada um deles e os direitos individuais e colectivos. Estes objectivos são concretizáveis através dos seguintes instrumentos:

- **Plano Nacional da Água**, de âmbito territorial, que abrange todo o território nacional, de natureza estratégica, no qual se estabelecem as grandes opções da política nacional da água e os princípios e regras de orientação dessa política, a aplicar pelos planos de gestão de bacias hidrográficas e por outros instrumentos de planeamento das águas;
- **Planos de gestão de bacia hidrográfica**, de âmbito territorial, que abrangem as respectivas bacias hidrográficas integradas numa região hidrográfica, e visam a gestão, protecção e valorização ambiental, social e económica das águas ao nível da bacia. Estes compreendem e estabelecem, entre outros: a caracterização das águas superficiais e subterrâneas existentes na região hidrográfica ou de cada secção da região hidrográfica internacional, incluindo a identificação dos recursos, a delimitação das massas de águas superficiais e subterrâneas e a determinação das condições de referência ou do máximo potencial ecológico específico do tipo de águas superficiais, a identificação das pressões e descrição dos impactes significativos da actividade humana sobre o estado das águas superficiais e

subterrâneas, com a avaliação, entre outras, das fontes tópicas e difusas de poluição, das utilizações existentes e previstas e das alterações morfológicas significativas e o balanço entre as potencialidades, as disponibilidades e as necessidades, a localização geográfica das zonas protegidas, a identificação de sub-bacias, sectores, problemas ou tipos de águas e sistemas aquíferos que requeiram um tratamento específico ao nível da elaboração de planos específicos de gestão das águas, a identificação das redes de monitorização e a análise dos resultados dos programas de monitorização sobre a disponibilidade e o estado das águas superficiais e subterrâneas, bem como sobre as zonas protegidas, a análise económica das utilizações da água, incluindo a avaliação da recuperação de custos dos serviços de águas e a identificação de critérios para a avaliação da combinação de medidas com melhor relação custo-eficácia, e informações sobre as acções e medidas programadas para a implementação do princípio da recuperação dos custos dos serviços hídricos e sobre o contributo dos diversos sectores para este objectivo com vista à concretização dos objectivos ambientais. Os planos de gestão das bacias hidrográficas asseguram o estabelecimento de um programa de medidas para cada região hidrográfica ou para a parte de qualquer região hidrográfica internacional que pertença ao seu território, e compreendem medidas de base e medidas suplementares, funcionalmente adaptadas às características da bacia, ao impacte da actividade humana no estado das águas superficiais e subterrâneas e que sejam justificadas pela análise económica das utilizações da água e pela análise custo-eficácia dos condicionamentos e restrições a impor a essas utilizações;

- Os **planos específicos de gestão de águas**, que são complementares dos planos de gestão de bacia hidrográfica, constituem planos de gestão mais pormenorizada a nível de sub-bacia, sector, problema, tipo de água ou sistemas aquíferos. Estes podem incluir medidas de protecção e valorização dos recursos hídricos para certas zonas.

As **medidas de protecção e valorização dos recursos hídricos**, são instrumentos de gestão de carácter sistemático, complementares aos constantes nos planos de gestão de bacia hidrográfica. Estas têm por objectivo a conservação e reabilitação da rede hidrográfica, da zona costeira e dos estuários e das zonas húmidas, a protecção dos

recursos hídricos nas captações, zonas de infiltração máxima e zonas vulneráveis, a regularização de caudais e a sistematização fluvial, e a prevenção e a protecção contra riscos de cheias e inundações, de secas, de acidentes graves de poluição e de rotura de infra-estruturas hidráulicas.

#### **2.5.6.4 Regime Económico-Financeiro**

Segundo o princípio da promoção da utilização sustentável dos recursos hídricos, o regime económico e financeiro promove este tipo de utilização, designadamente mediante: a internalização dos custos decorrentes de actividades susceptíveis de causar um impacto negativo no estado de qualidade e de quantidade de água e, em especial, através da aplicação do princípio do poluidor-pagador e do utilizador-pagador; a recuperação dos custos das prestações públicas que proporcionem vantagens aos utilizadores ou que envolvam a realização de despesas públicas, designadamente através das prestações dos serviços de fiscalização, planeamento e de protecção da quantidade e da qualidade das águas; a recuperação dos custos dos serviços de águas, incluindo os custos de escassez.

Os utilizadores dos recursos hídricos que utilizem bens do domínio público e todos os utilizadores de recursos hídricos públicos ou particulares que beneficiem de prestações públicas que lhes proporcionem vantagens ou que envolvam a realização de despesas públicas estão sujeitos ao pagamento da taxa de recursos hídricos prevista no artigo 78.º da Lei n.º 58/2005. Os utilizadores de serviços públicos de abastecimento de água e drenagem e tratamento de águas residuais ficam sujeitos à tarifa dos serviços das águas prevista no artigo 82.º da mesma lei.

As políticas de preços da água devem atender às consequências sociais, ambientais e económicas da recuperação dos custos, bem como às condições geográficas e climáticas da região ou regiões afectadas.

A taxa de recursos hídricos (TRH) tem como bases de incidência: i) a utilização privativa de bens do domínio público hídrico, tendo em atenção o montante do bem público utilizado e o valor económico desse bem; ii) as actividades susceptíveis de causarem um impacto negativo significativo no estado de qualidade ou quantidade de água, internalizando os custos ambientais associados a tal impacto e à respectiva recuperação.

A TRH, como exposto atrás, corresponde à soma dos valores parcelares aplicáveis a cada uma das bases de incidência objectivas.

Para a aplicação da taxa de recursos hídricos considera-se na lei que as receitas obtidas com o produto da taxa de recursos hídricos são aplicadas: no financiamento das actividades que tenham por objectivo melhorar a eficiência do uso da água e a qualidade dos recursos hídricos; no financiamento das acções de melhoria do estado das águas e dos ecossistemas associados; na cobertura da amortização dos investimentos e dos custos de exploração das infra-estruturas necessárias ao melhor uso da água e na cobertura dos serviços de administração e gestão dos recursos hídricos, objecto de utilização e protecção.

A taxa é cobrada pelas autoridades licenciadoras, aquando da emissão dos títulos de utilização que lhe der origem e periodicamente, nos termos fixados por estes títulos.

As receitas emergentes da execução de obras ou trabalhos previstos no plano de gestão de bacia hidrográfica ou dos planos específicos de gestão das águas ou do funcionamento corrente de ARH, são receitas próprias da ARH. O produto das coimas aplicadas constitui receita própria da ARH na proporção definida nas normas previstas.

O regime de tarifas a praticar pelos serviços públicos de águas visa os seguintes objectivos: assegurar tendencialmente e em prazo razoável a recuperação do investimento inicial e de eventuais novos investimentos de expansão, modernização e substituição, deduzidos da percentagem das comparticipações e subsídios a fundo perdido; assegurar a manutenção, reparação e renovação de todos os bens e equipamentos afectos ao serviço e o pagamento de outros encargos obrigatórios, onde se inclui nomeadamente a taxa de recursos hídricos assim como assegurar a eficácia dos serviços num quadro de eficiência da utilização dos recursos necessários e tendo em atenção a existência de receitas não provenientes de tarifas.

À autoridade nacional da água cabe assegurar que: se realize uma análise económica das utilizações da água, em relação a cada região hidrográfica, nos termos da legislação aplicável; a análise económica contenha as informações suficientes para determinar, com base na estimativa dos seus custos potenciais, a combinação de medidas com melhor relação custo-eficácia para estabelecer os programas de medidas a incluir nos planos de gestão de bacia hidrográfica; a política de preços da água estabeleça um contributo adequado dos diversos sectores económicos, separados, pelo menos, em



sector industrial, doméstico e agrícola, para a recuperação dos custos, tal contributo tem como base a análise económica que tenha em conta os princípios do poluidor-pagador e do utilizador-pagador e que atenda às condições geográficas e climatéricas da região afectada e às consequências sociais, económicas e ambientais da recuperação dos custos; por fim cabe também à autoridade nacional da água assegurar a política de preços contribua para uma utilização eficiente da água.

#### **2.5.6.5 Informação e Participação do Público**

Compete ao Estado, através da autoridade nacional da água e das ARH, promover a participação activa das pessoas singulares e colectivas no âmbito da Informação e Participação do Público no modelo de gestão, especialmente na elaboração, revisão e actualização dos planos de gestão de bacia hidrográfica, bem como assegurar a divulgação das informações sobre as águas ao público em geral e em especial aos utilizadores dos recursos hídricos, nos termos e com os limites estabelecidos na legislação aplicável.

No que respeita à fiscalização e sanções é importante ter em consideração o princípio da precaução e prevenção em que os organismos de Administração Pública devem observar este princípio, sem prejuízo de fiscalização das actividades que envolverem utilização dos recursos hídricos. A fiscalização compete às ARH com jurisdição na área da utilização e às demais entidades a quem for conferida legalmente competência para o licenciamento da utilização dos recursos hídricos nessa área, cabendo-lhes igualmente a competência para a instauração, a instrução e o sancionamento dos processos de contra-ordenações por infracções cometidas na sua área de jurisdição.

Colaboram também na acção fiscalizadora as autoridades policiais ou administrativas com jurisdição na área, devendo prevenir as infracções ao disposto na Lei n.º 58/2005 e participar as transgressões de que tenham conhecimento.

Quanto à inspecção, compete à Inspecção-Geral do Ambiente e do Ordenamento do Território. No âmbito da aplicação do princípio da precaução e prevenção, a autoridade nacional da água, conjuntamente com as entidades licenciadoras, de inspecção e de fiscalização competentes, deve promover a elaboração de planos de inspecção e de fiscalização, dos quais devem constar o âmbito espacial, temporal e material, os programas e procedimentos adoptados e o modo de coordenação das entidades

competentes em matéria de fiscalização e de inspecção. Os planos de inspecção e de fiscalização são públicos, devendo ser objecto de divulgação nas componentes que não comprometam a sua eficácia.

#### **2.5.6.6 Financiamento do Sector dos Recursos Hídricos**

O financiamento à gestão de recursos hídricos provém do orçamento de estado, bem como de outras ajudas estatais, da aplicação de taxas de utilização, empréstimos e mesmo auto-financiamento.

Relativamente ao regime económico-financeiro da gestão de recursos hídricos é amplamente defendido o uso de taxas, mais concretamente, taxas ambientais ou taxas pelo uso do ambiente, que incluiriam: taxas de captação de água, taxas de ocupação de terrenos onde haja massas de água, taxas por extracção de inertes, taxas por rejeição de efluentes, e taxas de utilização (a beneficiários de infra-estruturas hidráulicas e de saneamento básico), Costa (1992). Assim, segundo esta perspectiva, aceite e aplicada já pelo DL 70/90 e pela Lei nº 58/2005, que o revoga, são definidas “taxas de recursos hídricos” e “tarifas” de serviços de água que traduzem o pagamento imposto aos utilizadores de recursos hídricos que utilizem bens do domínio público e aos beneficiários de serviços públicos de abastecimento de água e drenagem e tratamento e águas residuais, respectivamente (Lei nº 58/2005).

O princípio adjacente a este regime económico-financeiro é o princípio do poluidor pagador, onde se pretende que todos os utilizadores do domínio público hídrico paguem os custos associados à sua utilização, quer pelo pagamento de taxas, atrás referido, quer pela liquidação de coimas ou multas de não conformidade e responsabilização pelos prejuízos causados ao ambiente. Deve-se ainda prever a isenção ou redução de receitas ou taxas e a concessão de subsídios como instrumento de promoção das atitudes mais “amigas” do ambiente.

A utilização de taxas deverá ser fixada de maneira a que a sua aplicação incite os actuais poluidores a utilizarem métodos de controlo e minimização da poluição, através do uso de tecnologias mais limpas, tendo assim, o duplo efeito desejado, ou seja, por um lado actuam como agente dissuasor de poluição e por outro geram receitas que revertem em favor de acções de promoção e valorização do ambiente, Costa (1992).

Ainda segundo Costa (1992), os custos de investimento deverão ser pagos em parte ou na sua totalidade pelos utentes tendo em conta critérios de equidade definidos pelas entidades gestoras, enquanto que os custos de exploração e conservação deverão ser pagos sempre na sua totalidade pelos utentes.

Para o mesmo autor, para além de levantar interrogações quanto ao estabelecimento de uma taxa progressiva com a intensidade de uso, uma vez que muitas vezes se verifica uma função de custos de tratamento de efluentes decrescente, não faz sentido a fixação de taxas segundo as mais-valias dos utilizadores resultantes da utilização da infra-estrutura.

A aplicação do actual modelo de gestão, baseada na bacia hidrográfica como unidade principal de planeamento e gestão, em particular, o exercício de actividades como o desenvolvimento de planos de gestão, a promoção da utilização sustentável da água através da aplicação do princípio do poluidor-pagador e do utilizador-pagador segundo os quais se pretende que os utilizadores do domínio público hídrico, paguem os custos associados à sua utilização (em particular, as relativas à construção de infra-estruturas), a realização de uma análise das características da região hidrográfica e das incidências das actividades humanas sobre o estado das águas, a análise económica das utilizações dos recursos hídricos das respectivas regiões, a criação e implementação de redes de monitorização dos recursos hídricos estimulam a utilização de informação de base geográfica.

## Capítulo 3. Os Sistemas de Informação Geográfica

### 3.1 Definição de SIG

Após ter-se, em primeiro lugar, aprofundado conhecimento sobre os recursos hídricos no mundo e em Portugal (o bem, alvo central da inovação que se propõe, o seu primeiro beneficiário), em segundo lugar ter-se feito uma análise dos modelos de gestão pública e mais concretamente de gestão de recursos hídricos em Portugal (o mercado, onde se irá aplicar a inovação proposta), propõe-se agora fazer, no presente capítulo, uma avaliação da tecnologia que se procura explorar e aplicar, os SIG's.

O termo Sistema de Informação Geográfica tem sido objecto de várias definições por parte de diferentes autores, ao longo dos tempos.

Burrough (1996) define SIG como sendo um conjunto de ferramentas para recolher, armazenar, aceder, transformar e visualizar dados espaciais do mundo real. Esta definição descreve, fundamentalmente, os produtos que se destinam ao suporte de aplicações para dados geográficos.

Aronoff (1989) opta por uma definição mais lata, na qual não distingue se o sistema se encontra automatizado ou não, definindo que um SIG tem por objectivo a recolha, o armazenamento e a análise de objectos e fenómenos, cuja localização geográfica constitui uma característica importante ou é crítica para a análise.

Por outro lado, outros autores, (*e.g.*, Maguire, 1991) optam por privilegiar apenas determinadas características destes sistemas. Nestes casos, distinguem-se, fundamentalmente três tipos de visão: i) a baseada em mapas, ii) a baseada em bases de dados, e iii) a baseada na análise espacial. A primeira perspectiva foca na capacidade dos SIG's para processamento e visualização de mapas. A segunda realça a importância dos SIG's terem subjacente uma base de dados bem desenhada e possuírem um Sistema de Gestão de Base de Dados (SGBD) relacional potente. A terceira escolhe a capacidade dos SIG's para efectuarem análise espacial, defendendo a existência de uma ciência da informação espacial em alternativa à perspectiva tecnológica com que geralmente os SIG's são abordados, Maguire (1991).

Em resumo, condensam-se das diversas definições que um SIG deve ser entendido, fundamentalmente, segundo dois sentidos. Por um lado, para referir genericamente um sistema de informação com características relativas a localizações geográficas e, por

outro, como definição de um determinado tipo de produtos comerciais especialmente vocacionados para a realização de sistemas que envolvem dados representando localizações geográficas, Abrantes (1998). Assim, um SIG incluirá o sistema constituído por hardware, software e procedimentos, construído para suportar a captura, gestão, manipulação, análise, modelação e visualização de informação referenciada no espaço, com o objectivo de resolver problemas complexos de planeamento e gestão que envolvem a realização de operações espaciais, Cowen (1990).

### ***3.2 Informação Geográfica***

*"A recolha de informações sobre a distribuição espacial de propriedades significativas da superfície da Terra constitui, desde há muito, uma parte importante das actividades das sociedades organizadas", Burrough (1986).*

Desde as mais antigas civilizações que a humanidade procura recolher informação geográfica, organizá-la por temas e apresentá-la sob a forma de mapas. Através do recurso a processos manuais, foi possível expor em papel, através de pontos, linhas e áreas aos quais se associavam símbolos, cores e padrões, o resultado de observações de determinadas características terrestres. Tais representações permitiam realizar alguns tipos de análises. Inicialmente, apenas análises qualitativas, baseadas na mera observação e na intuição do observador e, posteriormente, com a introdução de escalas, torna-se então possível a realização de algumas operações de análise quantitativa, basicamente relativas ao cálculo de distâncias e áreas, Abrantes (1998)

A descrição da realidade pode assumir diversas formas dependendo sempre da interpretação efectuada. A realidade geográfica, em particular, por possuir um grande número de características, não é passível de ser representada totalmente num mesmo sistema de informação. Assim sendo, um sistema de informação representa apenas uma descrição parcial da realidade, que é fundamentalmente determinada pelos objectivos a atingir, Abrantes (1998).

A conceptualização do mundo geográfico, como este é actualmente tratado, baseia-se na identificação de dois tipos de perspectivas: uma visão do espaço como sendo composto por campos e outra como que povoado por objectos. Na primeira perspectiva, o espaço é considerado contínuo e a observação é feita sobre todos os locais; na segunda, são

seleccionados os objectos de interesse, sendo ignoradas as porções do espaço que não contêm objectos relevantes, Couclelis (1992).

A maioria dos sistemas de informação geográfica consideram apenas o espaço bidimensional, no entanto, alguns exigem que seja considerada também a terceira dimensão, a altura/profundidade. Nos casos mais simples, como é o caso da topografia e do relevo do terreno, a terceira dimensão é tratada como mais uma característica não-espacial dos objectos, continuando estes a serem identificados pelas coordenadas relativas às outras dimensões. Há ainda casos onde a necessidade de representar volumes, leva a que a terceira dimensão faça parte da identificação única dos pontos. Estes últimos são os sistemas que verdadeiramente representam o espaço tridimensional, Abrantes (1998).

As características não espaciais da informação geográfica são semelhantes às dos sistemas de informação ditos convencionais classificando-se quanto ao tipo como: alfanumérica, lógica e numérica inteira ou real, Abrantes (1998).

Ao longo dos últimos anos tem-se vindo a sentir uma crescente necessidade de incorporar, na informação geográfica, informação temporal. Esta necessidade faz-se sentir em situações muito diversas como nos casos de informação imprescindível para a utilização de alguns modelos que recorrem a taxas de variabilidade por unidade de tempo, como aqueles que se baseiam na análise de séries temporais (frequentemente utilizada nos modelos de previsão), Snodgrass (1992), de que os fluxos hídricos são um bom exemplo.

### ***3.3 Fontes de informação geográfica***

As fontes de informação geográfica, suportadas pelos sistemas de informação, podem ser do tipo analógico (informação alfanumérica, de trabalho de campo, cartas, fotografia aérea) ou do tipo digital (detecção remota, Sistema de Posicionamento Global como o GPS *Global Positioning System*, e Sistemas de Informação Geográfica), Abrantes (1998).

A cartografia tem sido a principal fonte de informação geográfica. Esta fonte de informação é classificado, fundamentalmente, segundo dois tipos: topográficas (representam as linhas limítrofes de características naturais ou criadas por intervenção humana, como a forma da superfície terrestre, ou estradas) e temáticas (utilizadas na

representação de conceitos geográficos tais como a distribuição de densidades populacionais, o clima, ou o uso do solo), Rhind (1990).

As cartas representam uma determinada abstracção da realidade, em função dos objectivos para os quais foram desenvolvidas. Assim, a produção de uma carta requer uma dada interpretação da realidade e, portanto, retrata apenas parcialmente, e frequentemente de um modo pouco exacto, essa mesma realidade. É precisamente neste ponto que reside o principal condicionamento das cartas como fonte de informação. Normalmente, as cartas pressupõem, pelo menos, uma selecção das características a representar (e conseqüentemente, a omissão de outras), a sua classificação em tipos (segundo a classificação atrás apresentada), a simplificação de algumas formas e a amplificação de outras. Assim, o uso de uma carta para um fim diferente àquele para o qual esta foi concebida, pode conduzir a resultados de qualidade pobre, Abrantes (1998).

As fotografias aéreas — em pares de ortofotomapas — são também fontes frequentes de informação. As fotografias são fontes de informação de natureza semelhante à das cartas, representando simultaneamente informação topográfica e temática. A grande vantagem desta fonte de informação reside no facto de não resultarem de uma determinada interpretação, Abrantes (1998).

Os trabalhos de campo são fundamentais nas, muitas vezes necessárias, correcções da informação e na obtenção de informação complementar às cartas e fotografias, tanto relativamente às suas características espaciais, como não-espaciais e temporais, Star e Estes (1990).

A informação geográfica de carácter económico e social, com base em censos e inquéritos, é normalmente fornecida sob a forma de tabelas — recorrendo a um método de geo-referenciação discreto — e constitui tipicamente uma fonte de informação alfanumérica, Abrantes (1998).

Finalmente, é possível ainda adquirir informação geográfica em formato digital a partir de sistemas de informação com dados geográficos. No entanto, verifica-se também aqui alguns constrangimentos que residem na compatibilidade entre formatos de codificação e semânticas utilizadas, Gupta (1991). Actualmente, na maior parte dos países, existem diversos organismos oficiais produtores de informação geográfica de carácter genérico, como topografia de base, meteorologia e geologia, Abrantes (1998).

### 3.4 Como funciona

Em consonância com a própria definição de SIG atrás apresentada um SIG compõe-se, genericamente, de quatro elementos: *hardware*, *software*, informação e recursos humanos.

A componente *hardware* pode ser qualquer tipo de plataforma (desde PC ou *workstation* até minicomputador ou *mainframe*), onde são ainda requisitos essenciais alguns periféricos para entrada e saída de dados. Os sistemas operativos podem também ser variados, Rajani (1996).

A componente de *software*, geralmente, é constituída por um produto específico para o suporte de informação geográfica. Na maioria dos casos, nesta componente inclui-se ainda os programas escritos numa linguagem de programação convencional ou própria do sistema de suporte dos dados geográficos, Abrantes (1998). Esta componente de *software* tem vindo, ao longo dos tempos, a ser desenvolvida a um nível altamente sofisticado com a inclusão de um elevado número de comandos e grande variedade de funcionalidades, Cho (1995).

Os *softwares* existentes no mercado assentam, fundamentalmente, em três tipos de arquitectura: os sistemas baseados em ficheiros, em Sistemas Gestores de Base de Dados (SGBD) e os híbridos, Cho (1995). Actualmente, o tipo de arquitectura mais utilizada é a arquitectura híbrida. Nesta, apenas os valores dos atributos dos objectos espaciais residem num SGBD relacional, como são exemplo o Oracle (da Oracle Corporation), dBase (da Borland), Access (da Microsoft), Fox Pro (da Microsoft), Informix (da Informix) ou Ingres (da Ingres). Os dados referentes às localizações geográficas são armazenados recorrendo a outras técnicas. Assim, as características dos objectos espaciais são distribuídas por dois subsistemas e ligadas entre si por meio de um identificador comum. Exemplos de softwares que usam este tipo de arquitectura são o ARC/INFO (da ESRI), MGE (da Intergraph Corp.), o GRASS e SPANS (da TYDAC). A principal vantagem desta arquitectura reside na sua eficiência aliada às vantagens do uso de um sistema relacional para armazenamento e manipulação de uma parte significativa dos dados, Abrantes (1998).

Na maioria dos produtos comerciais que servem de suporte a um SIG, a componente de informação é estruturada e armazenada em níveis ou camadas, *layers*. Estes níveis



agrupam conjuntos semelhantes de objectos, *features*, que constituem os diversos temas, ou seja, cada camada agrupa informação relativa a localizações geográficas e atributos espaciais com características comuns (por exemplo, uma camada que contém dados relativos a rios, outra para estradas, outra para cotas, e outra para tipos de solo). Estes objectos são representações de objectos existentes “no mundo real” que o utilizador introduz no SIG sob a forma de mapa, Almeida (2005b).

As estruturas para suporte de dados espaciais são, normalmente, classificadas em matricial ou *raster* e vectorial. Muitos produtos, por intermédio de algoritmos próprios, têm a capacidade de converter estruturas de dados *raster* em vectorial e vice-versa, permitindo desta forma a escolha da estrutura mais adequada a cada situação, van der Knaap (1992).

Numa estrutura *raster*, a área objecto de estudo considera-se dividida numa grelha de células com a forma de quadrados de dimensão fixa. A cada uma destas células está associado um valor de um determinado atributo. O conjunto de células e respectivos valores constitui uma camada. O tipo de valores que se pode atribuir são: valores inteiros, de tipo real, alfanumérico ou lógico. Este tipo de estrutura está particularmente vocacionado para a entrada de dados por *scanner* e dados recolhidos por detecção remota, Cho (1995). Exemplo da pertinência da utilização da estrutura *raster* é a informação referente à pluviosidade.

A utilização de estruturas vectoriais requer a identificação de objectos espaciais de geometria simples. Estes são classificados em três categorias, de acordo com a sua forma geométrica: Ponto (geralmente utilizado na representação de objectos de pequenas dimensões ou local onde se intersectam linhas); Linha aberta (definida como um conjunto ordenado de pontos interligados por segmentos de recta ou por linhas definidas por funções matemáticas sendo utilizada na representação de objectos sem largura suficiente para poderem ser considerados área; por exemplo, estradas, cursos de água, redes de saneamento e utilidade pública, ou fronteiras territoriais políticas ou administrativas); Linha fechada, polígono ou região (definida como um conjunto ordenado de pontos interligados, em que o primeiro e último pontos coincidem, e utilizada quase sempre na representação de zonas que possuem uniformemente uma dada propriedade), Abrantes (1998). Exemplo da pertinência da utilização da estrutura vectorial é a informação referente à rede de transporte e distribuição de água.

As estruturas de dados vectoriais podem também ser utilizadas para representar modelos de relevo do terreno. Normalmente, nestes casos é utilizada uma Rede Irregular Triangulada (TIN - *Triangulated Irregular Network*)<sup>e</sup>, na qual se utiliza uma amostra de pontos irregularmente distribuídos no espaço. Recorrendo a um método de construção de triângulos esses pontos são unidos criando-se áreas caracterizadas pelos respectivos declive e orientação, Poiker (1990). Como veremos, esta informação é importante na previsão dos regimes de escoamento superficiais (e na previsão de cheias).

Finalmente, os recursos humanos são um elemento fundamental que não pode ser menosprezado. Assim, não basta ter os meios físicos mas é fundamental saber fazer e motivar os profissionais ligados aos organismos responsáveis pela gestão dos recursos hídricos à utilização dos SIG's. Por ser uma área relativamente recente, a falta de técnicos e especialistas é frequentemente a maior limitação à criação (e uso) de SIG, Abrantes (1998).

### **3.5 Aplicações SIG**

Um estudo de mercado realizado pela *Dataquest* subdivide as aplicações SIG nas nove categorias seguintes, Korte (2001):

- Dados de base - incluem a criação de vectores e imagens matriciais, vulgarmente conhecidas por *raster* que representam características físicas da superfície da Terra. Esta informação serve de base para o registo e para a digitalização de outros tipos de dados geográficos, tanto características tangíveis como intangíveis. Tais dados são fundamentalmente resultado de fotografias aéreas, ortofotografia digital, fotogrametria, sondagens, imagem de satélite e cópias de mapas;
- Informação sobre o solo - incluem a criação ou manutenção de registos sobre o solo, ordenamento do território e usos do solo;
- Usos da biologia - incluem o ambiental, saúde pública e segurança, florestal, agrícola;
- Aplicações na geociência - incluem petróleo, gás e exploração mineral;

---

<sup>e</sup> A densidade dos pontos é variável: há maior densidade de pontos nas áreas que se pretendem descrever com maior detalhe.

- Gestão de infra-estruturas - inclui transporte, logística, serviços de emergência, gestão de expedição;
- *Utilities* - inclui abastecimento, saneamento, águas pluviais, electricidade, gás, telefone, televisão, comunicação de dados e sistemas de vapor;
- Negócios, marketing e vendas - envolvem demografia, vendas e análise localizada, assim como orientação de trânsito;
- Geopolítica - envolve uso militar ou outro uso de defesa assim como delimitação política;
- Cartografia ou desenvolvimento de mapas.

Relativamente ao uso de aplicações SIG no âmbito da biologia, e mais concretamente na gestão de recursos naturais, estas aplicações têm apresentado excelentes resultados quando aplicados em<sup>f</sup>, Abrantes (1998):

- Gestão de florestas;
- Análise de habitats naturais e planeamento de vias de migração;
- **Preservação de rios;**
- **Gestão de recursos para recreio;**
- **Gestão de aquíferos;**
- **Gestão dos leitos de cheias;**
- **Preservação de áreas húmidas;**
- Gestão de terras agrícolas;
- **Modelação de aquíferos e dispersão de poluentes;**
- Análises de impacto ambiental;
- Análise de visibilidade.

### ***3.6 Potencialidades / Capacidades / Funcionalidades***

Os primeiros SIG's foram desenvolvidos com o objectivo de produção automática de cartografia.

---

<sup>f</sup> a negrito as áreas mais evidentes na gestão de recursos hídricos

O CGIS (*Canada Geographic Information System*), que actualmente constitui apenas uma das componentes de um grupo integrado de sistemas de informação geográfica computadorizado, o *Canada Land Data Systems*, já na década de 60, possibilitava não só a produção de cartografia como a realização de algumas operações de análise espacial, Abrantes (1998).

Actualmente, os SIG's, por permitirem a integração, e o seu tratamento conjunto, de grandes volumes de informação espacial e de outros tipos num mesmo sistema, são a ferramenta de análise geográfica, por excelência. Tal só foi possível com a convergência de várias disciplinas e técnicas tradicionais, sendo as mais relevantes a Geografia, Cartografia, Fotogrametria, Detecção Remota, Agrimensão, Geodesia, Engenharia Civil, Matemática, Estatística, Investigação Operacional, Informática, e dentro desta as áreas de CAD (*Computer-Aided Design*), Computação Gráfica, SGBD, Redes e Inteligência Artificial, Abrantes (1998).

As funcionalidades básicas de um SIG são as mesmas de um outro qualquer Sistema de Informação (SI), ou seja, a adição, a remoção e a actualização de dados, bem como operações de selecção de valores dos atributos. Mas para além destes, um SIG permite ainda a visualização, o processamento e a análise de informação espacial, Abrantes (1998).

A grande diferença entre um SIG e outros sistemas informáticos, consiste na capacidade que um SIG tem para realizar, de uma forma automática, a síntese de dados geográficos de diversas naturezas, incluindo dados calculados também pelo próprio sistema. Assim, o SIG caracteriza-se pela capacidade em produzir informação nova que pode ser utilizada para actualizar os dados do mesmo SIG, Abrantes (1998).

As operações e funcionalidades que um SIG pode apresentar dependem do contexto em que são tratadas. Apresenta-se de seguida uma classificação conceptual, independentemente de qualquer sistema, Lanter (1992):

I. Operações de entrada de dados:

- a. Compilação de dados; estas operações incluem a digitalização, registo de atributos, etiquetagem de objectos, codificação de documentos, construção de topologias.
- b. Georreferenciação de dados, conversão de coordenadas.

- c. Reestruturação de dados, ou seja, modificação da estrutura de dados importados; estas operações podem ir da simples reformatação de dados, até à conversão entre diferentes estruturas de dados, como por exemplo, entre informação do tipo matricial *raster* e vectorial.
- d. Edição.

## II. Manipulação de dados:

- a. Selecção, por utilização de lógica booleana e um conjunto de critérios sobre um determinado conjunto de características; No caso de lógicas espaciais podem ainda classificar-se como sendo de associação espacial (com base em conceitos de continuidade e conectividade), de inclusão ou baseado em endereços; a selecção sobre atributos permite que sejam utilizados critérios de selecção sobre os valores dos atributos temáticos ou de características temporais.
- b. Descrição, isto é, cálculo de índices relacionados com propriedades geométricas dos objectos, em particular sobre a forma, dimensão (medidas de linhas, curvas, perímetros, caminho mais curto, áreas de polígonos, volumes), ou ângulo.
- c. Transformação, ou seja, modificação dos valores das características; Na operação de manipulação dos dados, por transformação, podem-se verificar três situações (as duas primeiras sobre atributos e a terceira sobre características espaciais): a primeira consiste numa operação aritmética sobre um mapa que consiste na aplicação de uma constante, mediante uma operação elementar ou função, para modificação de um atributo; a segunda consiste em operações para definir categorias que podem acontecer por operações de classificação (por exemplo, para conversão de atributos quantitativos contínuos em discretos ou nominais), e de reclassificação, para conversão de categorias nominais noutras do mesmo tipo ou de tipo numérico, expressando pesos; a terceira consiste em operações geométricas que modificam as características espaciais dos objectos (transformações por projecções, transformações lineares e não lineares).

- e. Derivação de informação espacial; estas operações permitem extrair informações novas por inferência sobre os dados existentes e podem ser: de generalização (por exemplo simplificação de linhas por redução do número de pontos; atenuação de linhas para reduzir ângulos; agregações de polígonos); de geração de áreas de margem (*buffers*); de sobreposição (*overlay*); de derivação sobre superfícies curvas que envolvem a extração de informações tridimensionais.

### III. Saída de resultados:

- a. Desenho gráfico para construção de símbolos, usos de cores, padrões e anotações para composição de mapas e respectivas legendas.
- b. Visualização, através do uso de periféricos informáticos.
- c. Reestruturação, que permitem a exportação de dados para outros sistemas.
- f. Resumo de informação sob a forma de índices de modo a serem apresentados em relatórios.

### IV. Operações próprias de aplicações que usam as três dimensões:

- a. Cálculo de altitudes de pontos, através do uso de funções de interpolação, de declives e de direcções de superfícies.
- b. Manipulação de imagens, como a rotação, alteração do ponto de visão e determinação de superfícies visíveis ou iluminadas.

## Capítulo 4. Inovação - Conceitos

### *4.1 Contexto*

Antes de se explorar casos concretos da aplicação dos SIG's na gestão de recursos hídricos, importa aprofundar conceitos referentes à inovação. Desta forma, será com certeza mais evidente a proposta que aqui se apresenta.

Os efeitos da mudança inerentes à inovação repercutiram-se exactamente na definição do próprio conceito inovação. O sentido da palavra inovação tem-se alterado ao longo dos tempos virtude da evolução do saber nesta área de conhecimento, Carvalho (2004).

A origem da definição moderna do conceito de inovação pode ser atribuída a Joseph Schumpeter, quando em 1943, definiu a inovação segundo os seguintes critérios:

- i) Introdução de um novo produto ou nova qualidade no produto;
- ii) Introdução de um novo método de produção;
- iii) Abertura de um novo mercado;
- iii) Abertura de novas fontes de matérias-primas ou produtos semi-acabados;
- iv) Criação de novas formas de organização do negócio.

Quando se fala em inovação, fala-se tendencialmente no sentido económico do termo e de “inovação tecnológica”, Carvalho (2004). Esta, e de acordo com a própria definição estabelecida por Schumpeter (1943), pode exprimir-se segundo quatro vertentes: produto, processo, posição e paradigma, Teixeira (2005).

Apesar de existirem actualmente, e serem válidas, um elevado número de definições de inovação, todas concordam em considerar que uma inovação envolve, inevitavelmente a conjugação entre uma ideia inovadora e um mercado potencial, Freeman e Soete (1997). Todas realçam a necessidade de completar os aspectos relativos ao desenvolvimento e exploração do novo conhecimento como fundamentais para distinguir inovação de uma simples invenção. É exactamente o carácter comercial da inovação que revela a importância desta última no crescimento económico em geral, Tidd (2005).

O conhecimento específico das organizações, aliado a capacidade técnica e de recursos para explorar esse conhecimento, cria vantagens competitivas face ao ambiente externo,

factor fundamental para o sucesso competitivo dessas mesmas organizações, Mendonça (2005).

Cada vez mais, o sucesso das organizações depende da sua capacidade de gerir a mudança. Isto é, gerir o conhecimento, recursos humanos, práticas tecnológicas e organizacionais de forma eficiente e orquestrada com as alterações ambientais externas de maneira a manter actuais e ajustados os seus objectivos estratégicos, Boer (2001).

## ***4.2 Inovação***

O sucesso das organizações deve-se, em grande medida, à sua capacidade em gerar conhecimento e reagir de forma rápida e inteligente a este novo conhecimento. Assim, a capacidade de inovar é um factor chave na criação de vantagens competitivas sustentáveis, Mendonça (2005).

“Inovação é a exploração bem sucedida de novas ideias”. Inovação tecnológica é definida como a primeira utilização de um novo produto, processo ou sistema num contexto comercial, OCDE (1999).

A inovação, no sentido de alteração do que está estabelecido pela introdução de novos elementos ou formas, ocorre virtualmente em todo o lado e em qualquer situação. Torna-se assim fundamental restringir e precisar o conceito para relevar o seu conteúdo, Carvalho (2004).

Para Tidd (2005), inovação acontece quando de uma oportunidade se desenvolve numa nova ideia e se consegue transformá-la numa prática amplamente utilizada.

## ***4.3 Tipos de Inovação***

Essencialmente, e como referido anteriormente, a inovação pode assumir quatro formas, (e.g., Teixeira, 2005; Tidd, 2005):

- **Inovação de produto** – alterações nas “coisas” (produtos/serviços) que uma organização oferece;
- **Inovação de processo** – alterações na forma como as “coisas” são produzidas e distribuídas;



- **Inovação de posição** – alterações no contexto no qual as “coisas” são introduzidas;
- **Inovação de paradigma** – alterações no modelo mental subjacente que enquadra o que a organização faz.

Uma segunda dimensão para caracterizar o tipo de inovação consiste no grau de novidade envolvido. Segundo esta dimensão, a inovação pode ser Incremental – quando se refere pequenas melhorias nos produtos/serviços e Radical – quando se refere alterações profundas ou introdução de novos produtos/serviços que criam descontinuidade tecnológica, Tidd (2005).

#### ***4.4 Estratégias de Inovação***

A estratégia de inovação, cujo propósito é a capitalização de conhecimento específico, é uma componente fundamental da estratégia empresarial, Mendonça (2005).

Pode-se identificar dois tipos de estratégias de inovação: Estratégia Racionalista e Estratégia Incrementalista. A primeira, fortemente influenciada pela experiência militar, baseia-se num fluxo linear de avaliação, decisão e actuação. A segunda, sob a argumentação de que é impossível a completa compreensão da complexidade do ambiente externo caracterizado por uma constante mudança, baseia-se na definição e execução de pequenos passos que, ao serem permanentemente avaliados, permitem ajustar objectivos e definir novos passos a executar.

#### ***4.5 Factores de Sucesso na Inovação***

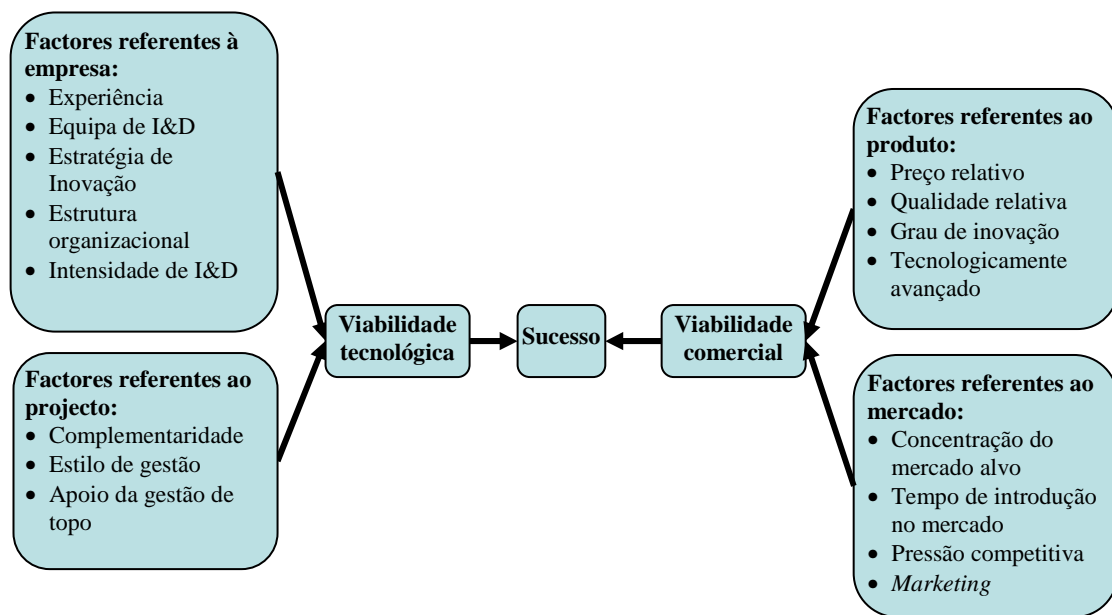
Uns mais consensuais que outros, vários são os factores identificados por diversas entidades e especialistas como factores de sucesso na Inovação, Panne (2003).

Enumeramos a seguir apenas alguns dos factores determinantes no sucesso da inovação que obtiveram o consenso da literatura:

- **Cultura de inovação:** A cultura inovativa da organização é crucial para o desenvolvimento de competências e vantagens competitivas a longo prazo, Lester (1998).

- Experiência em inovação: Grandes vantagens provêm da experiência em inovação, mais concretamente, os efeitos do “aprender-fazendo” e “aprender-errando” são muito positivos, Zirger (1997)
- Características da equipa de Investigação e Desenvolvimento (I&D): A interdisciplinaridade da equipa de I&D e o equilíbrio entre competências tecnológica e de marketing são fundamentais no sucesso da inovação, Cooper (1983)
- Estratégia Inovativa da instituição: A inclusão explícita de linhas orientadoras de inovação na definição da estratégia da instituição é essencial pois promove o efeito de sinergias maximizando assim os benefícios da inovação baseada em conhecimentos específicos e competências da instituição, Lester (1998).
- Complementaridade de recursos: A complementaridade de competências e a capacidade de as associar, em especial entre as forças de marketing e pesquisa de mercado e as forças produtivas, favorece o sucesso da inovação, Cooper (1983).
- Tipo de gestão da inovação: Estudos revelam que 60% das possibilidades de sucesso de uma inovação advém do estilo de gestão, Cozijnsen (2000).
- Preço e qualidade da inovação: a qualidade da inovação é um factor imprescindível para o sucesso da mesma sendo a relação preço/qualidade da inovação também importante, Roy (1997).
- Mercado alvo e *Timing* da introdução do produto: a introdução de inovações antes da concorrência é considerada um factor determinante no sucesso da inovação, Maidique (1984). Por exemplo, há estudos que afirmam que um atraso entre 6 e 12 meses na introdução da inovação no mercado pode reduzir a metade a possibilidade de retorno, Johne (1988).

Panne (2003) agrega os factores identificados anteriormente em dois grandes grupos: Viabilidade Tecnológica e Viabilidade Comercial (Figura 20):



**Figura 20 - Factores de sucesso na inovação**  
 Fonte: Panne (2003)

O sucesso de uma inovação depende também muito da forma como faz a gestão do conhecimento. Esta gestão do conhecimento permite que o conhecimento seja organizado e disponibilizado de forma eficaz e a eficiente, introduzindo inovação nos processos e facilitando a decisão e a gestão.

O objectivo da gestão do conhecimento numa organização deverá ser o de levar a Informação Correcta dentro dum certo contexto à Pessoa Certa, no Tempo Certo, para a Correcta tomada de decisão. Neste contexto, as principais actividades ou processos da gestão do conhecimento são: i) criação ou aquisição do conhecimento; ii) organização e armazenamento do conhecimento; iii) partilha e disseminação; e iv) utilização por terceiros, Finneran (1999).

## Capítulo 5. Exemplos práticos de aplicação de SIG

### 5.1 Introdução

O êxito de qualquer instrumento de política na área do ambiente depende essencialmente da forma como é feita a avaliação do “estado da arte” em termos ambientais, INAG (2002).

A caracterização de um estado de referência, ou situação de partida, exige a existência de um vasto conjunto de dados cujo valor e utilidade está intimamente ligado com o rigor, as técnicas e os métodos aplicados na sua produção e, ainda, com a desagregação temporal e longevidade das séries desses dados.

No caso de um projecto específico em que se mobilizam recursos hídricos, regra geral, é necessário dispor de dados meteorológicos, hidrométricos, sedimentológicos, níveis piezométricos, de qualidade das águas, *etc.* É também necessário dispor de informação sobre a quantidade, qualidade e localização das infra-estruturas hidráulicas existentes, descargas de efluentes, extracções de inertes, níveis de atendimento em saneamento básico, disposições técnicas e legais a aplicar, segurança das infra-estruturas existentes, *etc.*

Por tudo isto, investir e manter um sistema de produção de dados de base é o melhor investimento para assegurar o futuro de qualquer sociedade, INAG (2002).

Uma boa gestão dos recursos hídricos exige um planeamento rigoroso, um licenciamento nele apoiado e uma fiscalização confiante. Todas estas actividades estão dependentes de dados e informações de fácil acesso e actualizados que permitem, em cada momento, a avaliação integrada e tão abrangente quanto necessária dos problemas e, em compensação, de soluções alternativas e de apoio à decisão. Para isso, e para além das modernas ferramentas informáticas, são indispensáveis dados que só a monitorização permite fornecer e que é a base do sucesso de qualquer administração e da protecção eficaz dos recursos hídricos.

Onde mais se faz sentir a falta de dados e informações para o planeamento de recursos hídricos é nos domínios dos usos e consumos instalados e sua variabilidade temporal, nas vertentes quantitativa e qualitativa (onde?, quanto?, quando?, para quê?, porquê?, quem?, desde quando?, até quando?), das rejeições de água residuais nos meios hídricos e solos e suas características espaciais, temporais e composição, das características das

comunidades biológicas dependentes dos recursos hídricos e dos custos de investimento, exploração e manutenção dos sistemas de utilização e gestão, entre outros, INAG (2002).

O objectivo ao desenvolver um SIG aplicado à gestão dos recursos hídricos terá que ter em consideração que, a sua utilização e administração deverão ser feitos em parceria por todas as entidades responsáveis pela elaboração de estudos e planos, implementação de medidas de gestão e atribuição de licenças de utilização de domínio hídrico, Wurbs (2001). Particular atenção deve ser dada, por um lado, às licenças de utilização de domínio hídrico, informação hidrológica, mapas, *etc.*, pois geram uma grande quantidade o que torna difícil a sua análise e disponibilização em tempo real e, por outro lado, à avaliação das capacidades dos recursos para satisfazer as necessidades de uso e gestão da água (numa base sustentável). Recordar que a grande mais valia dos SIG's é a capacidade de reunir toda esta informação, mantê-la sempre actualizada e gerar resultados em tempo real.

A limitação na utilização dos SIG's reside essencialmente na necessidade de um grande investimento inicial. Este deve-se, em parte, à aquisição do equipamento informático de suporte, mas **sobretudo ao trabalho inicial de recolha e introdução dos dados**. Apesar de ser possível a utilização crescente de técnicas de detecção remota a partir de satélites e fotografias aéreas, este tipo de informação não permite ainda o detalhe necessário à resolução de todos os problemas e, mesmo nos casos em que é considerado adequado, exige quase sempre várias fases de pré-processamento e o recurso a diversas técnicas de processamento para que os dados possam ser utilizados, Aronoff (1989). No entanto, a manutenção tem baixos custos já que a introdução de novos dados é feita de forma incremental e muitos dos dados previamente introduzidos não sofre depreciação temporal.

O uso crescente de produtos comerciais para o desenvolvimento de SIG, contribuindo decisivamente para a disseminação deste tipo de sistemas com todas as naturais vantagens que lhes são inerentes, teve no entanto limitações que resultam da baixa formação dos recursos humanos. Derivado destas limitações, os SIG's têm sido dirigidos essencialmente para encontrar soluções para problemas imediatos, Peuquet (1994).

## **5.2 Aplicação na gestão de recursos hídricos**

O uso de Sistemas de Informação Geográfica na hidrologia e na gestão de recursos hídricos assenta raízes na relação que existe entre o clima, bacia drenante (bacia hidrográfica), canais e sociedade. Os SIG's "hidrológicos" são caracterizados tanto pela capacidade de modelação, capacidade mais utilizada ao nível académico, como pela capacidade de gestão da informação (gestão de bases de dados) capacidade mais utilizada ao nível das entidades prestadoras de serviços, Clark (1998).

Os SIG's permitem uma representação de diversas características espaciais da terra. Por sua vez, a modelação hidrológica preocupa-se com o fluxo de água à superfície da terra e em ambiente subterrâneo. Assim, é evidente uma ligação estreita entre os dois assuntos, Maidment (1993).

### **5.2.1 Modelação hidrológica**

Existem vários níveis de associação dos SIG's à modelação hidrológica, sendo que Maidment e Djokic (2000), os mais significativos são:

- A determinação de parâmetros hidrológicos;
- A ligação dos SIG's a modelos hidrológicos já existentes;
- A modelação hidrológica no interior do próprio SIG.

A determinação de parâmetros hidrológicos nos SIG's serve, geralmente, para a reunião de informação de entrada (*inputs*) dos respectivos modelos, designadamente os que são baseados na análise de modelos digitais do terreno.

No segundo tipo de associação, os SIG's são utilizados para o fornecimento, informaticamente programado, de dados que vão alimentar os modelos hidrológicos, ou para visualização dos resultados das simulações realizadas. Este tipo de associação caracteriza-se por um maior grau de interdependência modelo hidrológico/SIG. Nestes, a determinação de parâmetros é feita de uma forma automática e inserida numa estrutura de ficheiro digital do próprio SIG, que por sua vez é utilizada pelo software de modelação hidrológica. Os dados finais resultantes da modelação hidrológica são estes mesmos passíveis de incorporação no SIG, permitindo a sua interpretação espacial com uma maior aproximação da realidade.

As ferramentas utilizadas neste nível de associação são, tipicamente, aplicações designadas por extensões, capazes de gerar a rede de drenagem e a bacia hidrográfica, tendo por base o modelo digital do terreno.

No terceiro nível de associação, os próprios modelos hidrológicos são incorporados no SIG utilizando para o efeito as linguagens de programação próprias destes sistemas. A principal limitação operacional a este nível prende-se com a dificuldade de incluir uma dimensão temporal no ambiente dos SIG's. Não obstante, surgem actualmente exemplos de módulos destinados à modelação hidráulica incluídos, por defeito, nos SIG's comerciais. Caso a que não é alheio um maior desenvolvimento das respectivas linguagens de programação. Os autores Ferdinand e Maidment, 1999, afirmam que os SIG's se têm tornado cada vez mais flexíveis, suportando uma variada gama de dados e de linguagens sofisticadas, progressivamente mais adaptadas às necessidades do modelador.

De uma forma geral, é possível afirmar que a integração dos modelos hidrológicos no SIG permite que tais modelos sejam uma ferramenta mais útil no planeamento e gestão ambiental, e no ordenamento do território.

A modelação hidrológica tem tido sucesso a lidar com as variações temporais, mas tais modelos assumem desagregações espaciais relativamente simples. Em muitos casos, os modelos hidrológicos assumem propriedades espaciais uniformes ou apenas permitem dividir em pequenas subunidades uniformes. Os SIG's oferecem a oportunidade de aumentar o grau de definição dessas subunidades espaciais, em número e em detalhe descritivo.

A ligação SIG-Modelação hidrológica permite ainda associar processos à escala regional ou continental os quais a hidrologia ainda não tinha sido capaz de modelar numa extensão significativa, Maidment (1993).

### **5.2.2 Gestão de informação**

A disponibilidade de água é condicionada de forma decisiva por um lado pelos diferentes tipos de usos, inúmeros utilizadores e infra-estruturas e por outro por considerações institucionais, isto é, pela tomada de decisões por parte das entidades gestoras, Wurbs (2001)

Em planeamento de recursos hídricos, o conhecimento e avaliação dos usos, consumos e necessidades de água é necessário para determinar o nível de pressão das actividades humanas a que os recursos hídricos estão sujeitos e que determinam o estado da qualidade funcional dos sistemas naturais deles dependentes e os níveis de garantia actuais dos direitos instalados por licenciamento ou outro preceito jurídico válido.

A generalidade dos dados apresenta-se na forma de valores totais anuais o que raramente tem utilidade objectiva e prática para fins de planeamento, dada a irregularidade espacial e temporal que as disponibilidades e os usos têm ao longo do ano.

São de particular relevância para a avaliação integrada dos recursos hídricos os dados e informações, relativos a, INAG (2002):

- Precipitações com durações e intensidades diversas que podem ser registos contínuos ou intermitentes com possibilidade de integração para caracterização climática e de necessidades das actividades económicas e das funções ambientais naturais;
- Caudais com as mesmas características dos registos das precipitações, para avaliação das disponibilidades de águas superficiais, das situações hidrológicas extremas e do comportamento hidrológico das bacias hidrográficas, *etc.*;
- Volumes armazenados em albufeiras e suas utilizações e respectivas variações temporais;
- **Níveis, extracções de água e saídas naturais dos aquíferos, respectivas localizações e variabilidade temporal, para avaliação de disponibilidades de recursos subterrâneos;**
- Consumos e retornos, respectivas localizações e variabilidade temporal, por sector de actividade económica e por aglomerado populacional, que incluam os valores captados nos meios hídricos e os que chegam aos destinatários e as perdas e fugas dos sistemas;
- Valores de carga poluente e volumes das águas rejeitadas nos meios hídricos e solos, com localização e variabilidade temporal;



- Características das comunidades biológicas dependentes dos recursos hídricos;
- Ocupações e respectivas características dos leitos e margens das linhas de água e dos aquíferos, quer por infra-estruturas permanentes quer temporárias;
- Valores das quantidades de água utilizados que não sejam consumos e respectiva variação temporal;
- Extracção de inertes e evolução da morfologia dos leitos de linhas de água, albufeiras e lagoas;
- Quantidades de resíduos produzidos pela utilização dos recursos hídricos e seu destino final;
- Custos de investimento, exploração e manutenção relacionados com as utilizações dos recursos hídricos e respectiva administração, *etc.*

A esta lista deveria ainda ser acrescentado outro tipo de informação relativa à ocupação e utilização do solo, à temperatura, ventos, insolação, actividades potenciadoras de riscos e conflitos, *etc.*, INAG (2002), mas que não cabe aqui ilustrar.

Os SIG's caracterizam-se por reunir numa estrutura de uma base de dados convencional diversos tipos de informação. No entanto, estes sistemas não se limitam a este género de estruturas, assumindo também um carácter gráfico, referenciado, atribuído pela sua componente geográfica (informação de forma e localização). Assim, a informação pode ser recolhida “em campo”, introduzida numa folha de cálculo (*e.g.*, folha de Excel) e mais tarde introduzida manualmente ou automaticamente (*i.e.*, importada), para um SIG, o que permite posteriormente a apresentação desta informação sob a forma de mapas tornando muito fácil e intuitivo a sua visualização e inquirição, Anand (2003).

Eastman, (1999), considera que uma das aplicações mais importantes dos SIG's é na análise dos dados para apoio aos processos de decisão relacionados com o ambiente.

A aplicação de SIG na gestão “corrente” de recursos hídricos e a sua utilização no dia-a-dia por parte das entidades públicas responsáveis pela gestão de recursos hídricos em Portugal implica grandes alterações da organização (ao nível da gestão e fluxos de informação e do formato desta) e a um elevado esforço de actualização quer da formação de recursos humanos quer das ferramentas de trabalho como os sistemas de

informação (*software e hardware*). Estas alterações derivarão principalmente de haver necessidade de partilhar informação e da tomada de consciência de que as decisões tomadas num local são imediatamente visíveis por todos e as suas implicações noutros locais facilmente avaliáveis. Por exemplo, se um sistema de tratamento de águas residuais for gerido de forma deficiente, os gestores dos locais prejudicados podem facilmente identificar o agente que está em falha.

Desta forma, além de a informação permitir ganhos de eficiência, a aplicação de SIG vai também melhorar a forma como as “coisas” são feitas, o que se traduz numa inovação ao nível dos processos.

### ***5.3 Exemplos práticos***

Como referido anteriormente, os SIG's têm aplicação em várias áreas de conhecimento e de actividade económica. As empresas ligadas à gestão e aproveitamento de florestas, exploração de redes de transportes e telecomunicações, e os organismos responsáveis por planeamento urbanístico, vias de comunicação e defesa do ambiente encontram-se entre os principais utilizadores de SIG, Aronoff (1989).

A aplicação de SIG's na hidrologia e ciências relacionadas assume duas tendências diferentes. A investigação académica tem determinados objectivos nos quais a modelação ocupa uma posição chave. Por sua vez, a gestão têm prioridades diferentes e reconhece os SIG's como uma ferramenta de apoio às operações e em especial à tomada de decisão. No entanto, a fronteira não é clara e ambas as actividades usam estas duas grandes capacidades dos SIG's, funcionalidades de uso intensivo de informação (arquivo e gestão) e funcionalidades de uso intensivo de processamento (modelação), como método para atingir os objectivos pretendidos.

#### **5.3.1 Determinação de Zonas Inundáveis**

A determinação de zonas inundáveis obriga ao exercício de modelação hidrológica das bacias em questão.

No exemplo que se apresenta pretende-se, com base na morfológica da bacia hidrográfica em estudo e no regime de precipitação, conhecer os regimes de escoamento

verificados nas linhas de água, permitindo, desta forma e em última análise, a determinação de áreas de risco e áreas inundáveis.

A metodologia de modelação baseou-se fundamentalmente na transformação da precipitação e do escoamento subterrâneo em escoamento superficial, através de modelos simplificados do ciclo hidrológico da água.

O modelo hidrológico aqui apresentado assenta em duas componente principais: **modelo de bacia** e **modelo de precipitações**. Por sua vez, O **modelo de bacia** é composto por: Modelo de Escoamento de Base; Modelo de Escoamento Directo; Modelo de Perdas de Precipitação; Modelo de Propagação do Escoamento. Já o **modelo de precipitações** resulta de informação recolhida por estações udométricas, e reunidas em grelhas de precipitação.

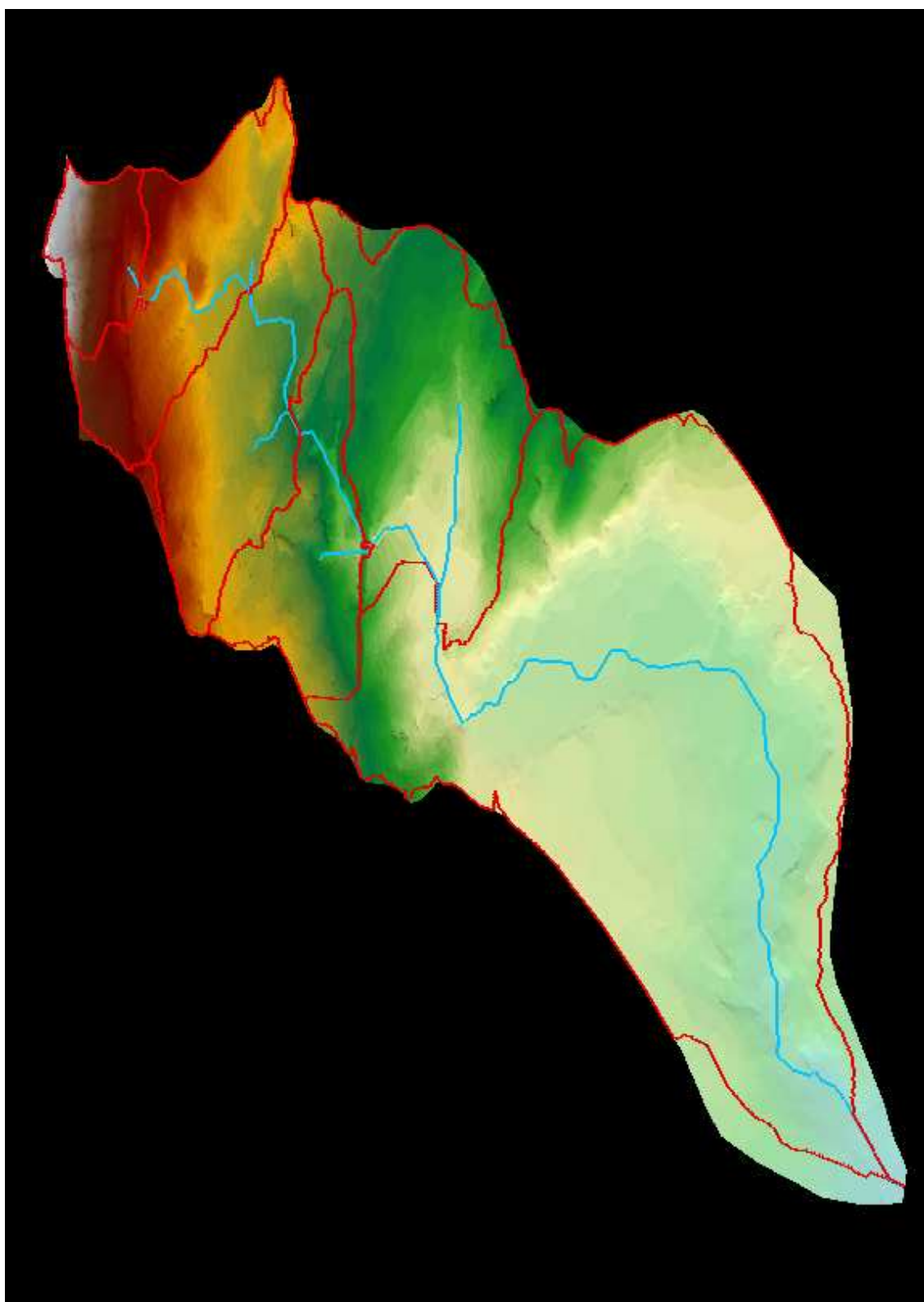
Na aplicação deste exercício de modelação foram executados os seguintes passos essenciais:

1. Elaboração do Modelo Digital do Terreno
2. Processamento em HEC-GeoHMS
3. Geo-processamento
4. Processamento em HEC-HMS
5. Processamento em HEC-GeoRAS (1ª fase)
6. Processamento em HEC-RAS
7. Processamento em HEC-GeoRAS (2ª fase)
8. Tratamento SIG

### ***Elaboração do Modelo Digital do Terreno***

Ao conjunto de dados em suporte numérico que, para uma dada zona, permita associar a qualquer ponto definido sobre o plano cartográfico um valor correspondente à sua altitude designa-se de modelo digital do terreno (MDT) (Matos, 2007).

Através da utilização de um software de SIG com a capacidade de análise tridimensional dos dados é possível, através de uma triangulação da informação altimétrica, construir um MDT (Figura 21).



**Figura 21 – Modelo Digital do Terreno**

Este modelo resulta da triangulação entre pontos e curvas de nível altimétrico, que formam um Rede Irregular Triangulada (TIN - Triangulated Irregular Network), e que posteriormente pode ser transformada em matriz (*raster*).

### ***Processamento em HEC-GeoHMS***

O HEC-GeoHMS é uma aplicação informática, para uso em suporte Arcview (SIG da ESRI - Environmental Systems Research Institute, Inc).

O HEC-GeoHMS utiliza o Arcview e o “spatial analyst” como meio para determinar um conjunto de dados necessários à modelação hidrológica. Pela análise do modelo digital do terreno, o HEC-GeoHMS transforma os canais de drenagem e respectivas sub-bacias numa estrutura de informação hidrológica, que representa a “resposta” da bacia hidrográfica à precipitação, HEC (2008).

No primeiro processamento levado a cabo nesta aplicação informática, o principal objectivo visou a determinação de características fisiográficas da bacia com base no MDT, como:

- Delineação das sub-bacias;
- Definição da linha de água;
- Determinação de alguns parâmetros geométricos relevantes para cálculos posteriores.

O HEC-GeoHMS utiliza uma representação do terreno da bacia hidrográfica, um MDT, em formato de matricial (*raster*).

Sobre este modelo são elaboradas as seguintes operações:

- Eliminação de depressões (eliminação de zonas mortas);
- Cálculo da matriz de direcção do escoamento: representa, genericamente, a direcção do fluxo de água de uma célula para outra sobre a totalidade da grelha (Figura 22);

|     |     |   |   |   |
|-----|-----|---|---|---|
| 2   | 2   | 2 | 4 | 4 |
| 2   | 2   | 2 | 4 | 4 |
| 1   | 1   | 2 | 4 | 8 |
| 128 | 128 | 1 | 2 | 4 |
| 128 | 128 | 1 | 1 | 4 |

**Figura 22 – Representação esquemática da grelha das direcções de escoamento**

- Cálculo da matriz de escoamento acumulado: determina o número de células que drenam para uma dada célula, resultado do cálculo cumulativo das células a montante de cada célula individual da grelha de direcção do escoamento (Figura 23);

|   |   |   |    |    |
|---|---|---|----|----|
| 0 | 0 | 0 | 0  | 0  |
| 0 | 1 | 1 | 2  | 1  |
| 0 | 3 | 8 | 5  | 2  |
| 0 | 1 | 1 | 20 | 0  |
| 0 | 0 | 0 | 1  | 24 |

**Figura 23 - Representação esquemática da grelha do escoamento acumulado**

- Elaboração do modelo topológico: com as grelhas de direcção de escoamento e de acumulação de escoamento é possível determinar onde se formam canais de escoamento e as respectivas áreas drenantes (delineamento da bacia, sub-bacias e rede de drenagem).

Criada a árvore topológica representativa da bacia hidrográfica e recolhidos os principais parâmetros geométricos, importou-se esta informação no HEC-HMS e procedeu-se à modelação hidrológica propriamente dita (Figura 24).

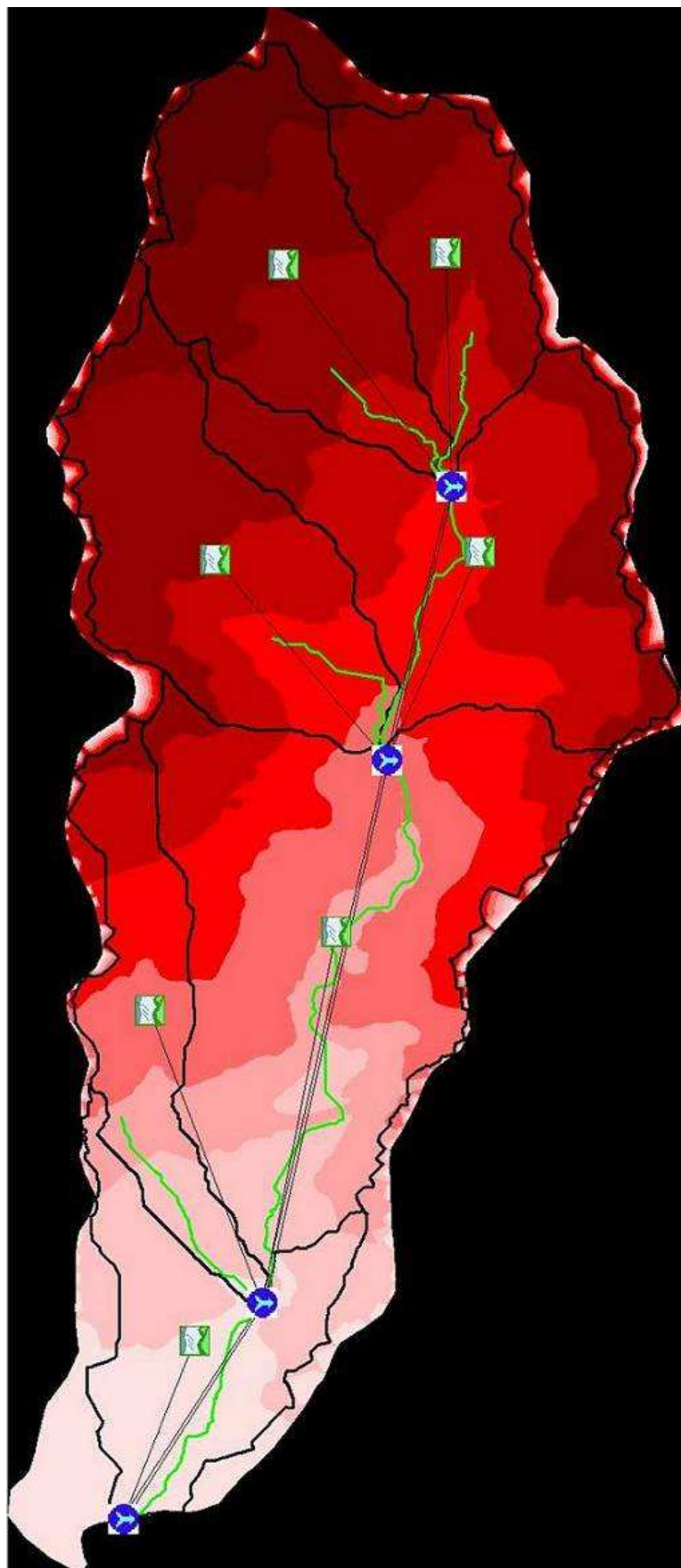


Figura 24 – Bacia processada em HEC-GeoHMS

### ***Geoprocessamento***

Após o processamento em HEC-GeoHMS conducente à elaboração do modelo topológico, torna-se necessário efectuar alguns geoprocessamentos que permitam calcular os valores dos parâmetros que serão pedidos na etapa seguinte (Figura 24), tais como:

- Comprimentos das linhas de água;
- Áreas das sub-bacias;
- Inclinações (linhas de água e planos);
- Soil Conservation Service (SCS)<sup>g</sup>;
- Rugosidades.

Este geoprocessamento também se desenvolve recorrendo ao HEC-GeoHMS. Na Figura 25 está representada uma bacia hidrográfica de uma ribeira, em que foi feita a “intercepção” com a informação contida na carta CORINE 2000, em particular para obtenção de valores de SCS.

---

<sup>g</sup> O “SCS Curve Number” é um valor que caracteriza o potencial de escoamento tendo em conta o tipo de solo, as condições de utilização e a cobertura da bacia hidrográfica



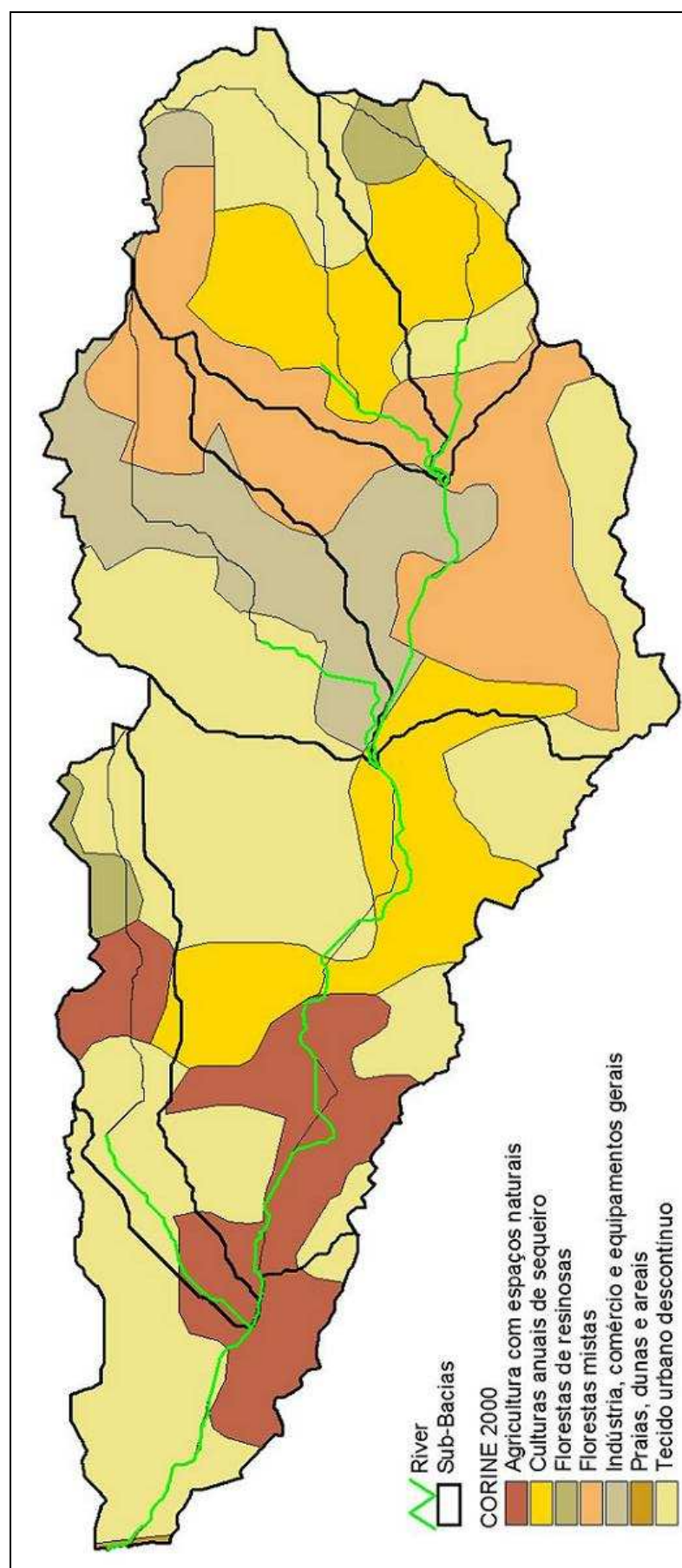


Figura 25 – Bacia Hidrográfica com informação sobre usos do solo

### ***Processamento em HEC-HMS***

O HEC-HMS (aplicação de modelação hidrológica desenvolvida pela Hydrologic Engineering Center) foi desenhado para simular os processos de precipitação-escoamento em sistemas hidrográficos dendríticos (HEC, 2008).

A aplicação constrói um modelo da bacia hidrográfica em estudo, dividindo o ciclo hidrológico em “peças” manipuláveis e construindo ligações entre as bacias de interesse (Figura 26). Qualquer fluxo de energia ou de massa no ciclo pode ser representado por um dos vários modelos matemáticos disponíveis. Cada modelo matemático é adequado para um determinado tipo de ambiente e de condições, HEC (2008).

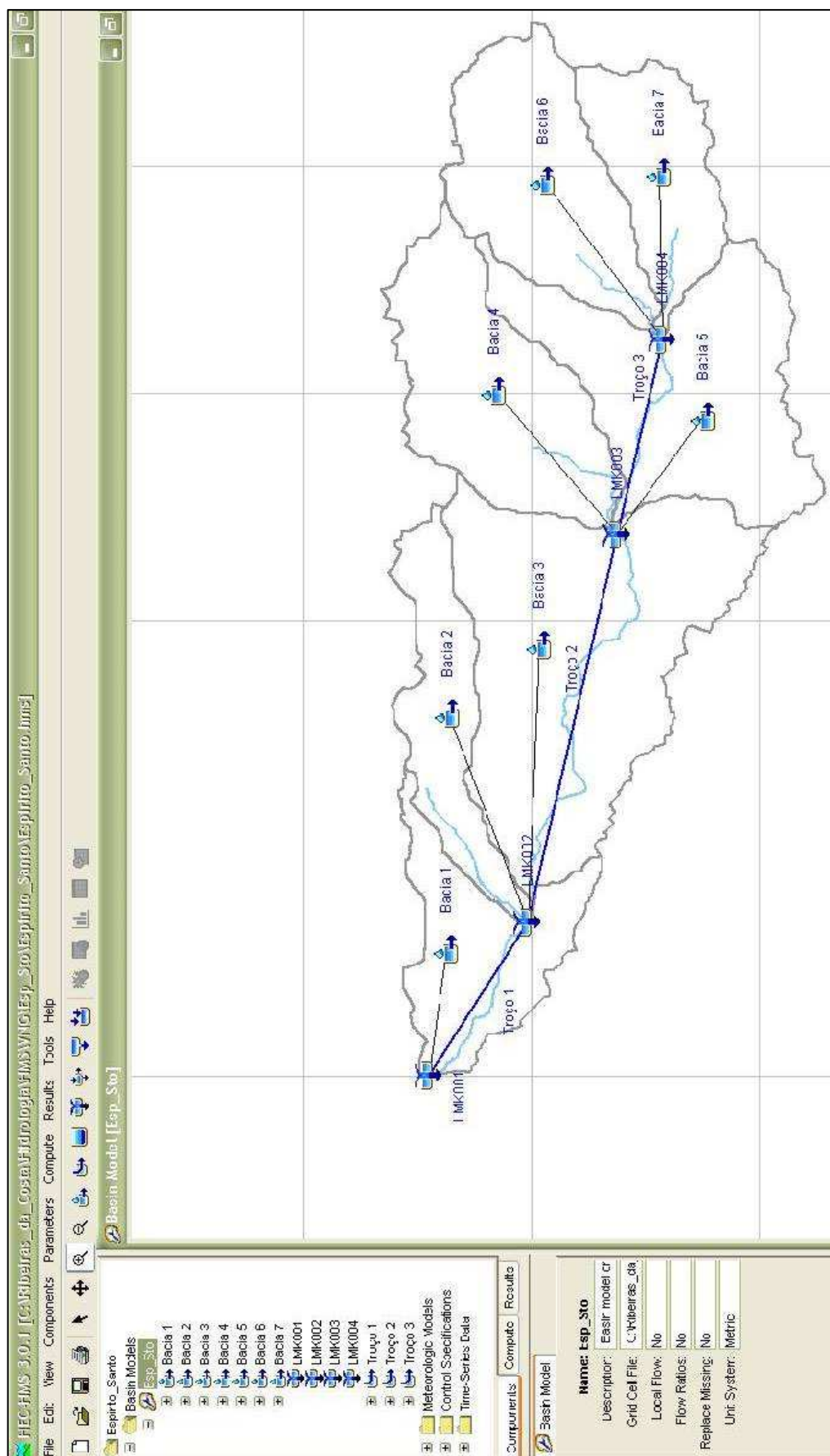


Figura 26 – Imagem da aplicação informática HEC-HMS

Como atrás referido, o modelo HEC-HMS aplicado compreende, genericamente, 2 componentes:

- Um **modelo de bacia**, resultado das características fisiográficas da mesma, e composto por: Modelo de Escoamento de Base; Modelo de Escoamento Directo; Modelo de Perdas de Precipitação; Modelo de Propagação do Escoamento;
- Um modelo de precipitações **precipitações** resulta de informação recolhida por estações udométricas, e reunidas em grelhas de precipitação

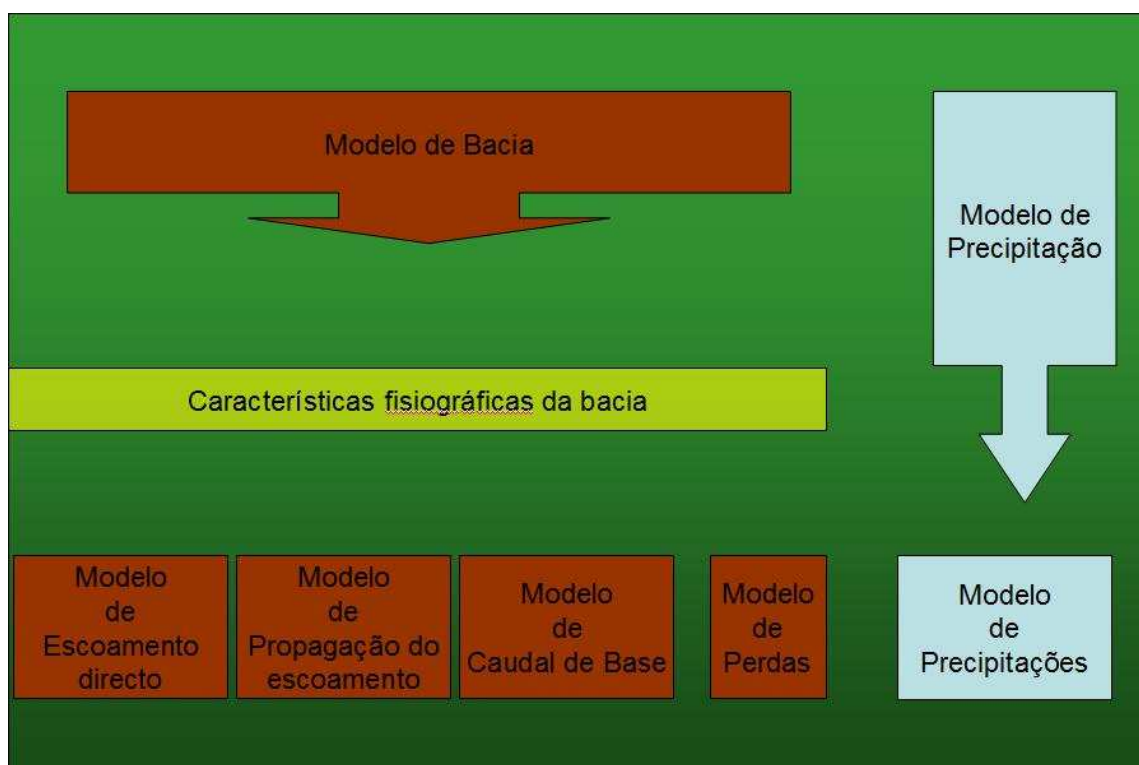


Figura 27 – Estrutura do Modelo HEC-HMS

A Figura 28 apresenta a estrutura considerada no HEC-HMS para o ciclo da água.

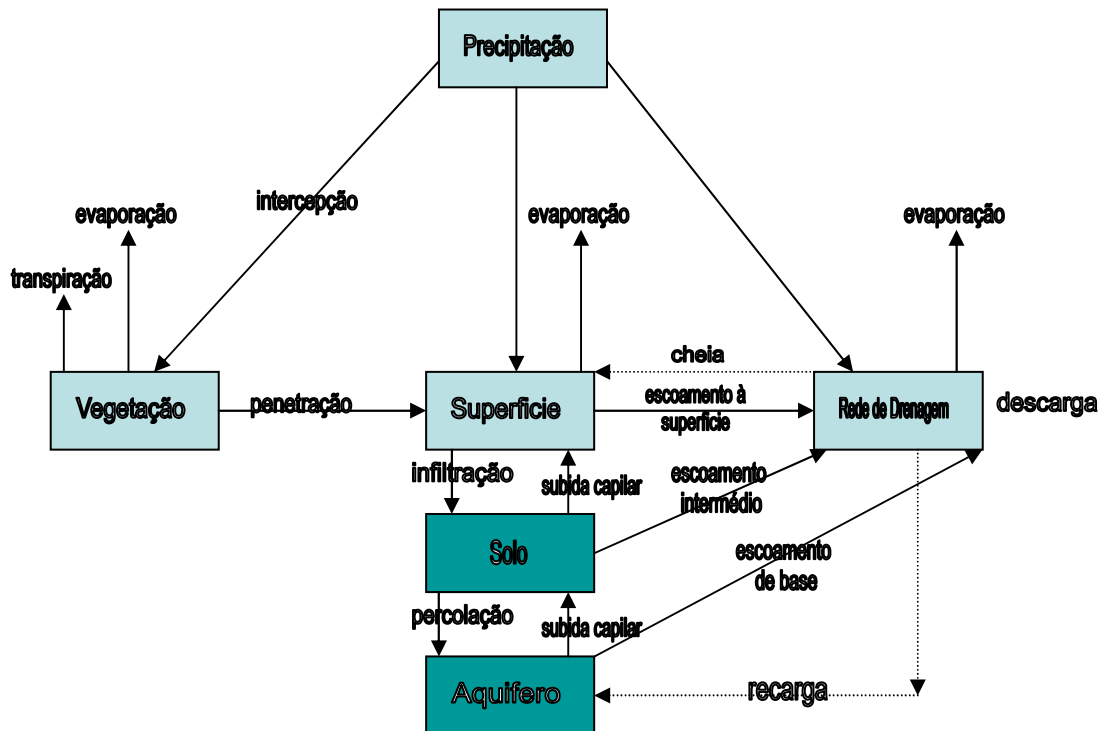


Figura 28 - Diagrama de fluxo numa bacia hidrográfica, HEC (2000)

Os hidrogramas produzidos podem ser usados directamente ou em conjunto com outras aplicações informáticas para estudos que versem, entre outros: disponibilidade de água; drenagem urbana; cheias e inundações, vertedouros, HEC (2008).

### ***Processamento em HEC-GeoRAS (1ª fase)***

O HEC-GeoRAS consiste num conjunto de procedimentos executados em ambiente ArcGIS. Esta aplicação permite, não só a determinação e formatação da informação geográfica em formato passível de importação para o HEC-RAS, mas também a geração de dados a partir do *output* do mesmo HEC-RAS.

Esta primeira fase baseia-se na incorporação dos perfis transversais no modelo do terreno, na preparação dos ficheiros necessários para o HEC-RAS e a exportação do ficheiro a ser usado em HEC-RAS. Na Figura 29 pode-se ver o modelo digital do terreno com o talvegue (linha que se encontra no meio da parte mais profunda de um rio) da linha de água sobreposto (a azul) e as linhas correspondentes aos perfis transversais determinados por levantamento topográfico (a verde), incorporadas do MDT.



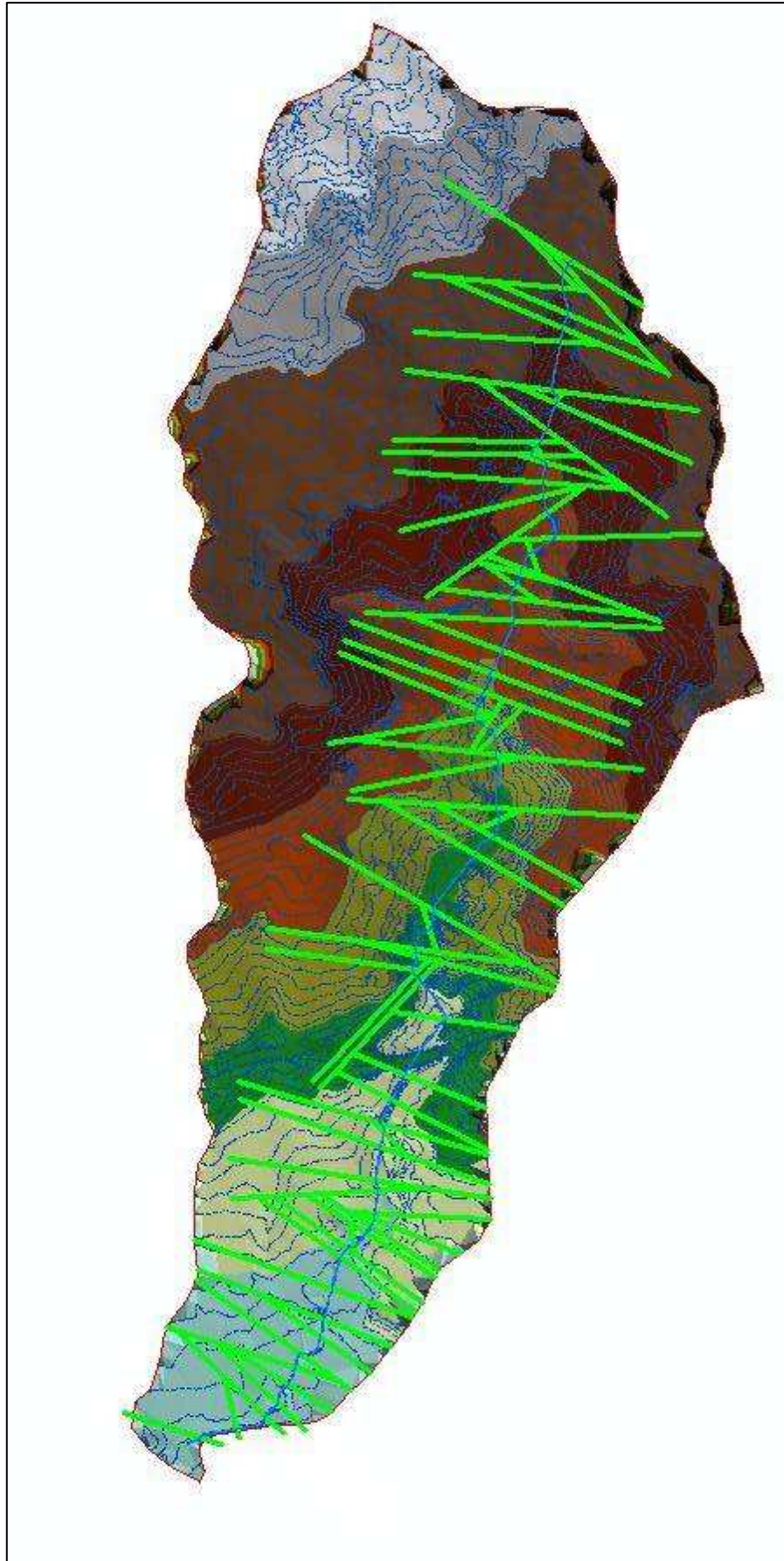


Figura 29 – Bacia Hidrográfica com a incorporação de perfis transversais do leito e margens

### ***Processamento em HEC-RAS***

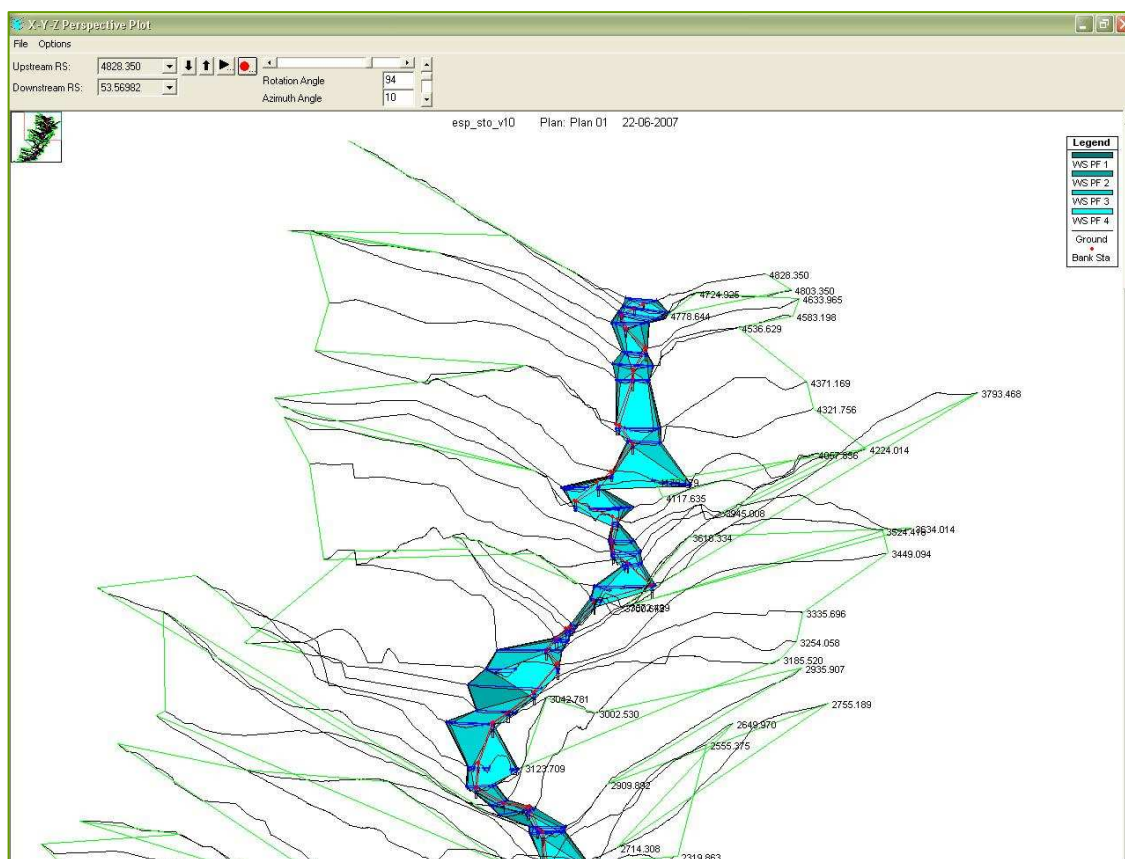
O modelo HEC-RAS (River Analysis System) é um sistema de simulação unidimensional para a realização de cálculos hidráulicos de canais artificiais ou naturais, tendo componentes de modelação que permitem analisar os escoamentos. Este modelo permite determinar polígonos de inundação.

Para a determinação de polígonos de inundação, torna-se necessário fornecer ao modelo:

- Ddiversos parâmetros fisiográficos (extraídos do MDT);
- Secções transversais dos levantamentos topográficos e caudais de cheia extraídos do HEC-HMS.

Com a introdução destes dados de base, o HEC-RAS determina as áreas inundáveis, para o caudal determinado.

Com este módulo é possível ter uma noção da área inundável para cada caudal definido, juntamente com o relevo do terreno (marcado na Figura 30 pelas “cutlines” a preto).



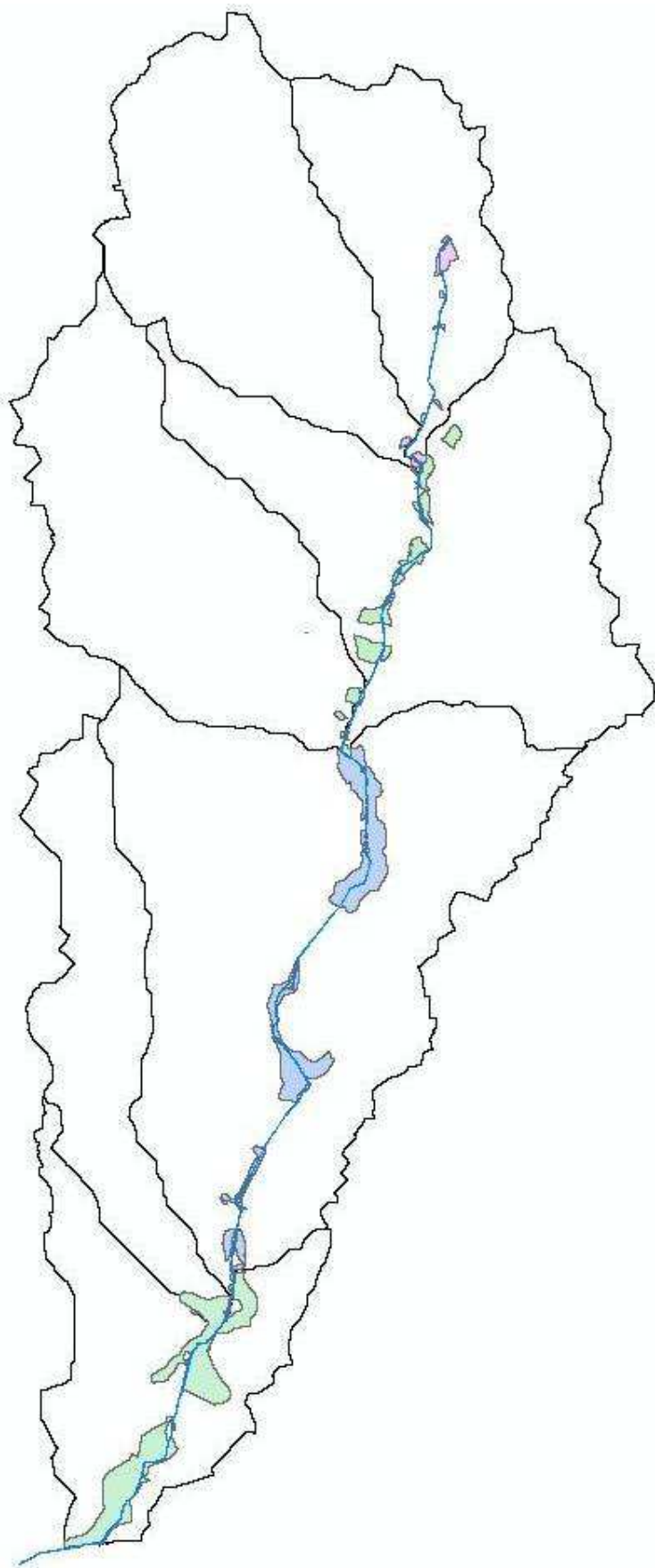
**Figura 30 – perfil das zonas inundáveis**

Com base neste perfil exportado para SIG e através da utilização de extensões informáticas, como o RAS Mapping, é possível definir polígonos de inundação.

### ***Processamento em HEC-GeoRAS (2ª fase)***

Esta segunda fase de processamento em HEC-GeoRAS visa fundamentalmente a importação dos dados gerados no HEC-RAS após a simulação e a sua transformação em polígonos de inundação (Figura 31).





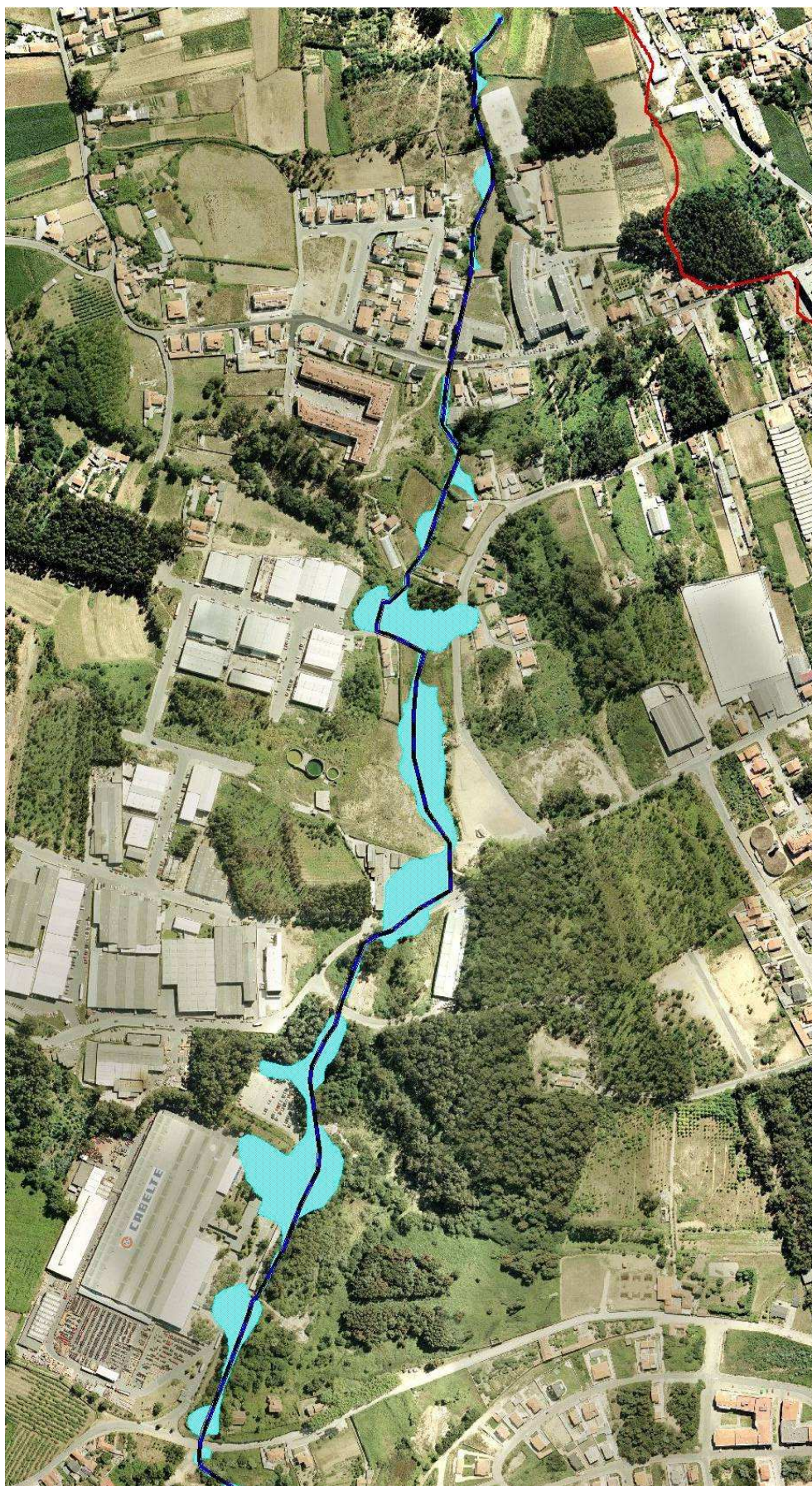
**Figura 31 – Polígonos de inundação**

### ***Tratamento SIG***

Finalmente, e após a elaboração dos polígonos de zonas inundáveis, procede-se a um tratamento final da informação em ambiente SIG, com vista à elaboração de relatórios finais.

Apresenta-se agora o tratamento final do exemplo, em ambiente SIG, usando a informação processada nos referidos módulos (que consistiu fundamentalmente na incorporação dos polígonos no SIG criado) numa sobreposição aos ortofotomapas (Figura 32).





**Figura 32 – Ortofotomapas com sobreposição de polígonos de inundação**



### **5.3.2 Sistema de Informação dos Títulos de Utilização dos Recursos Hídricos**

Em INAG (2002), é levantada a preocupação de não existir ainda em Portugal uma base de dados nacional de licenciamento onde constem as características das utilizações e direitos instalados que usam os recursos hídricos para qualquer fim,.

O exemplo que abaixo se apresenta procura traduzir uma simplificação do que poderá ser o Sistema Nacional de Informação dos Títulos de Utilização dos Recursos Hídricos (SNITURH), assente em SIG. Nesta simplificação considerou-se apenas uma pequena bacia hidrográfica e os títulos de utilização de recursos hídricos correspondentes às captações subterrâneas.

Na aplicação deste exemplo foi preciso, para a área considerada neste exemplo, por um lado reunir informação sobre a bacia hidrográfica (linha de água, captações subterrâneas licenciadas - que não corresponde necessariamente ao total das existentes - e respectivos volumes anuais máximos de captação) e por outro, e sendo que a evolução dos níveis piezométricos constitui o melhor indicador de sobre-exploração, INAG (2002), assumir a existência de uma rede de monitorização teórica de águas subterrâneas (composta por vários piezómetros) atribuindo ao aquífero um valor de DHS.

Procura-se assim, de uma forma sucinta e muito simplificada, evidenciar a utilidade de um SIG na determinação da sobre-exploração de águas subterrâneas. A determinação desta sobre-exploração do aquífero far-se-á pela diferença entre a DHS e os volumes máximos anuais estabelecidos nas licenças).

A Figura 33 apresenta, um mapa cartográfico onde se expõe, sobre fotografia aérea da zona, uma pequena bacia hidrográfica com a respectiva linha de água e as captações de águas subterrâneas existentes.

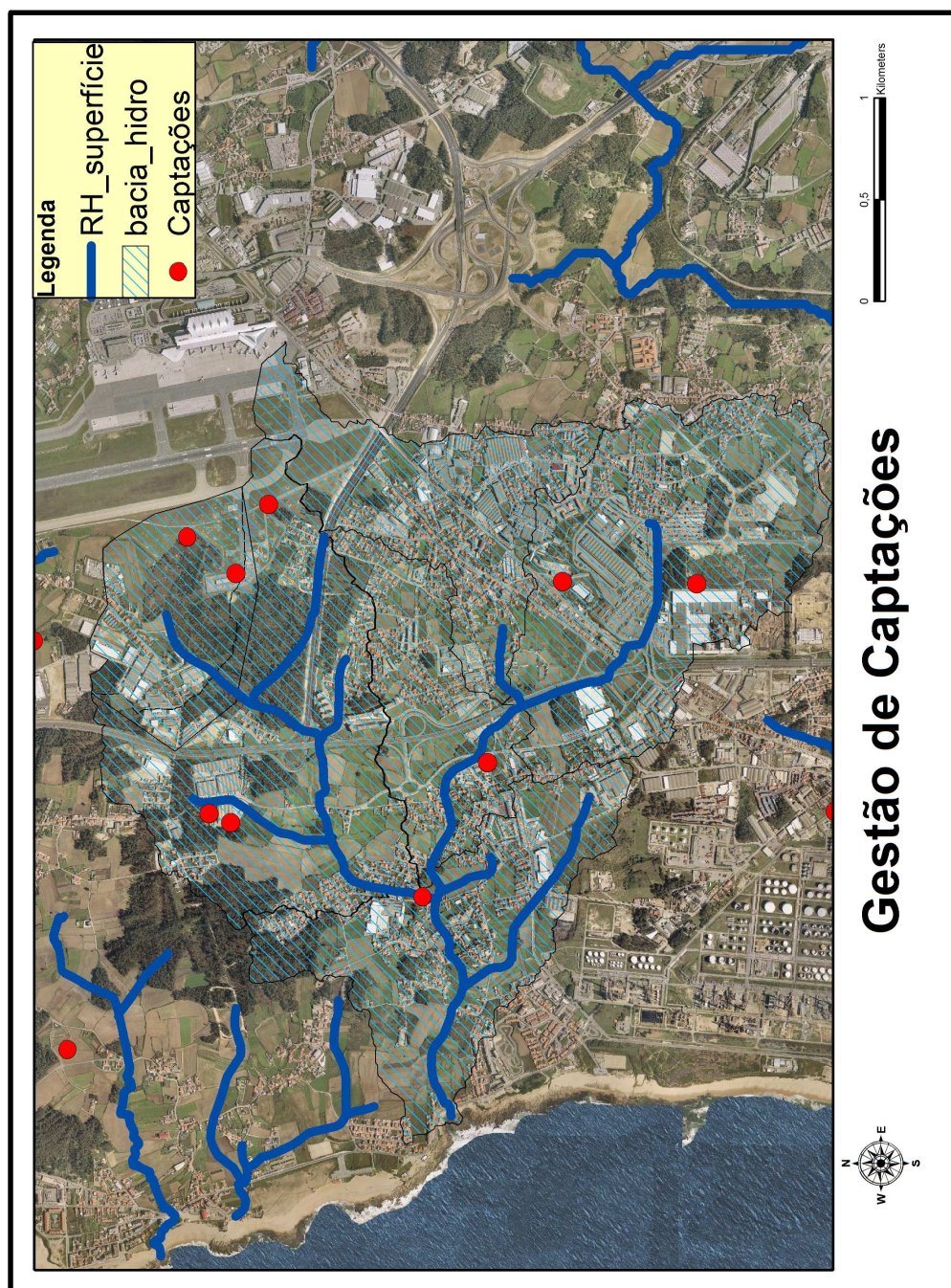


Figura 33 – Bacia hidrográfica – exemplo de um sistema de gestão de captações

Supondo que para a área em estudo existia uma rede de monitorização das águas subterrâneas, composta por vários piezómetros que permitia concluir que num ano médio, em termos hidrológicos, a Disponibilidade Hídrica Subterrânea do aquífero em estudo é de 50 m<sup>3</sup>/dia/km<sup>2</sup> (Figura 34). Assim, e assumindo um factor de “zero” retorno, se as captações existentes totalizarem um volume diário tal que a sua divisão pela área for superior a 50 m<sup>3</sup>/dia/km<sup>2</sup>, facilmente e de forma expedita se conclui da sua provável sobre-exploração (o uso da palavra provável resulta do facto de o exemplo aqui apresentado e a respectiva conclusão terem como pressupostos o desprezo de vários factores importantes numa avaliação rigorosa da sobre-exploração de aquíferos como por exemplo as variações anuais e inter-anuais das disponibilidades hídricas, bem como os ciclos associados a períodos de abundância e de escassez das mesmas disponibilidades, retornos e recargas, *etc.*).



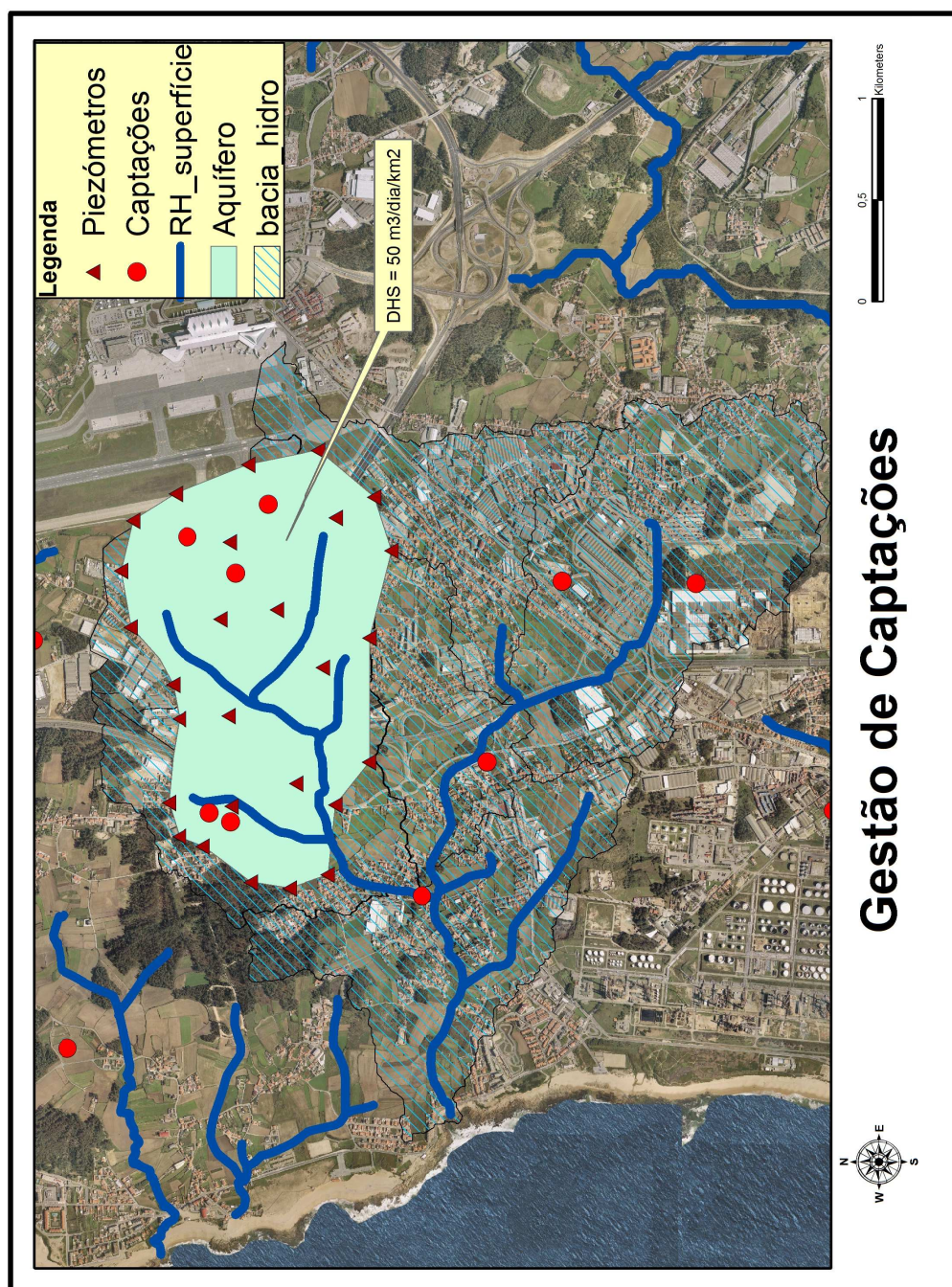


Figura 34 – Aquífero – exemplo de um sistema de gestão de captações

Com o polígono referente ao aquífero, e através da utilização de funcionalidades de extracção de dados com base na sua disposição geográfica, funcionalidades existentes num comum *software* comercial de SIG, é possível seleccionar o conjunto de dados que se situam na área geográfica em estudo, no caso, a área correspondente ao nosso aquífero “teórico” (Figura 35).



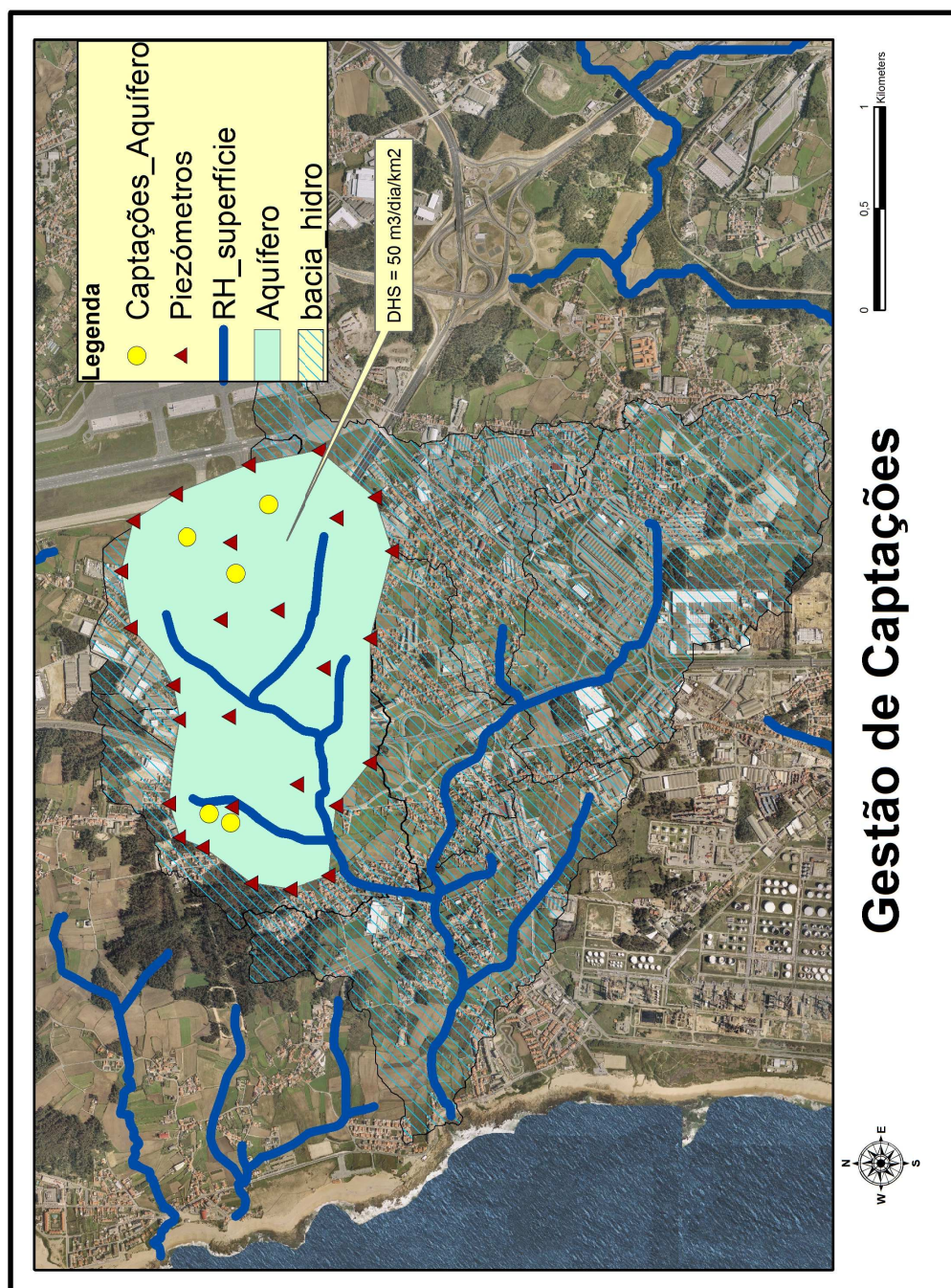


Figura 35 – Captações do aquífero – exemplo de um sistema de gestão de captações

Um título de licença de captação possui, entre muitas outras informações, informação relativa ao volume máximo anual de captação.

O Quadro 18 apresenta um excerto dos dados referentes às captações seleccionadas (informação associada aos pontos indicados na Figura 35).

**Quadro 18 – Informação sobre a captação**

| Nome | Volume Anual (m <sup>3</sup> ) | Latitude | Longitude | Potência da Bomba (kW) | Data       | Prazo (anos) | Data Final | Profundidade Grupo |
|------|--------------------------------|----------|-----------|------------------------|------------|--------------|------------|--------------------|
| A    | 12600                          | 154040   | 474040    | 2                      | 13-01-2001 | 10           | 2011-01-11 | 78                 |
| B    | 25200                          | 153700   | 474200    | 7,5                    | 13-01-2001 | 10           | 2011-01-11 | 68                 |
| C    | 240                            | 152475   | 474225    | 2                      | 18-09-2005 | 10           | 2015-09-16 | 120                |
| D    | 120                            | 152520   | 474330    | 0,75                   | 26-03-2000 | 10           | 2010-03-24 | 65                 |
| E    | 12600                          | 153880   | 474440    | 2                      | 13-01-2001 | 10           | 2011-01-11 | 63                 |

Do Quadro 18 pode-se concluir que o volume máximo anual da capacidade instalada de captação, na área em estudo, é de 50760 m<sup>3</sup>/ano, ou seja, 139 m<sup>3</sup>/dia.

Os *softwares* SIG também permitem, rápida e facilmente, o cálculo de parâmetros geométricos da informação vectorial existente, como por exemplo, o cálculo da área de um polígono. Assim, e através do uso dessa funcionalidade calculou-se a área do aquífero, sendo esta de 2032110 m<sup>2</sup>, isto é, cerca de 2 km<sup>2</sup>.

Se dividirmos o valor do volume máximo captado por dia, ou seja 139 m<sup>3</sup>/dia, pela área do aquífero, 2 km<sup>2</sup>, obtém-se um valor de 68,44 m<sup>3</sup>/dia/km<sup>2</sup> de água retirada do aquífero.

Assim, pode-se concluir, com as devidas reservas resultantes das diversas aproximações consideradas e assumidas neste exemplo, que um aquífero que existisse naquela zona, com aquelas características de área e de DHS, estaria perante um cenário de sobre-exploração.

Parece-nos evidente que o uso de um SIG na gestão corrente de várias actividades, em particular em actividades de licenciamento de captações, pode constituir uma mais-valia importante na qualidade e eficiência (considerando eficiência não só numa perspectiva temporal, mas também de afectação de recursos) da gestão de recursos hídricos.

#### **5.4 Análise das Forças, Oportunidade, Fraqueza e Ameaças (SWOT) de um SIG**

Os SIG'S têm assumindo ao longo dos tempos um crescente protagonismo em diferentes áreas de conhecimento, fruto dos excelentes resultados práticos que esta tecnologia tem apresentado, Abrantes (1998). Não alheio a este facto, tem sido o surgimento ao longo dos anos de um numero crescente de entidades que produzem e disponibilizam informação geográfica (*e.g.* cartografia altimétrica, modelos digitais, informação de satélite, *etc.*) com elevado valor acrescentado e potencial de utilização e integração em SIG, Daniel (2008). No entanto, e apesar deste optimismo, o sucesso dos SIG's não é garantido.

No Quadro 19 apresenta-se uma listagem das forças, oportunidade, fraqueza e ameaças da implementação de um SIG como ferramenta de apoio à decisão e em particular na gestão de recursos hídricos.

**Quadro 19 – Análise SWOT à implementação de um SIG na gestão de recursos hídricos**

| <b>Forças</b>  | <b>Fraquezas</b>   |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>– Boa sistemas de recolha de informação geográfica;</li><li>– Crescente procura de SIG's;</li><li>– Crescente número de instituições a disponibilizar informação geográfica digital;</li><li>– Desenvolvimento dos SIG's;</li><li>– Elevadas capacidade na gestão de grandes quantidades de informação;</li><li>– Elevadas capacidades de processamento da informação, nomeadamente ao nível da modelação;</li><li>– Interoperabilidade entre <i>softwares</i></li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>– Dificuldade de acesso do público à informação geográfica digital;</li><li>– Preços dos SIG's comerciais;</li><li>– Preços da informação geográfica digital;</li><li>– Disponibilidade de informação digital;</li><li>– Informação digital dispersa e em diversos formatos;</li><li>– Tempo necessário à implementação do SIG</li></ul> |

| Oportunidades  | Ameaças   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– Avançado estado de desenvolvimento das tecnologias informáticas (<i>e.g.</i> detecção remota, gps, <i>etc.</i>) e capacidade de interoperabilidade;</li> <li>– Aumento da diversificação e disponibilidade dos serviços em tecnologias de informação;</li> <li>– Minimização do carácter técnico da utilização, através de interfaces <i>friendly user</i>;</li> <li>– Decréscimo dos preços de hardware e dos software, resultado de um amadurecimento da tecnologia.</li> <li>– Crescente numero de quadros técnicos superiores com aprofundados conhecimentos em SIG;</li> <li>– Imposições Legais.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Adopção de soluções <i>ad-hoc</i>, com custos elevados;</li> <li>– Elevado custo inicial associado à implementação dos SIG's (em particular na integração de toda a informação dispersas em diferentes formatos por diversas entidades, e na formação de pessoal técnico especializado);</li> <li>– Elevado carácter técnico;</li> <li>– Má utilização de uma ferramenta tão poderosa pode acarretar graves consequências ao nível da qualidade da informação e da tomada de decisão.</li> </ul> |

### 5.5 Análise Custo-Benefício à implementação do SIG

Um SIG é uma ferramenta com potencialidades muito elevadas. No entanto, e exactamente por isso, existe o risco de uma utilização mais leviana produzir resultados que podem ser considerados especulativos ou simplesmente errados, Cho (1995). Neste sentido, e numa perspectiva de avaliação dos custos e dos benefícios, uma má utilização dos SIG's pode conduzir a um esbanjamento de recursos públicos ou a custos para os utilizadores superiores aos seus benefícios.

A avaliação de 18 SIG's implementados com sucesso, 16 na América do Norte e 2 em Itália, permitiu apresentar os seguintes rácios benefício/custo médios por tipo de utilização do SIG, Silva (1998). Não é possível, ainda, fazer uma análise custo-

benefício contabilística pormenorizada mas apenas ter uma ideia da ordem de grandeza dos benefícios em função dos custos:

- Utilização apenas na elaboração e actualização de mapas em computador  $B/C=1/1$ ;
- Utilização também em planeamento e projecto,  $B/C=2/1$ , sendo que esta razão pode duplicar ( $B/C=4/1$ ) se todos os dados compartilhados forem automatizados;
- Utilização na digitalização de mapas convencionais,  $B/C=3/1$ ;
- Se o acesso à informação criada por um SIG comum for partilhado por diferentes organizações de grande relevância, o retorno poderá ser 4 vezes superior ao investimento ( $B/C = 4/1$ ).
- Para organizações com um sistema simples manual de elaboração de mapas, o sistema automático tem gerado razões  $B/C$  da ordem de 7/1.

A justificação de um investimento num SIG é muito difícil de quantificar financeiramente porquanto muitas das razões são de carácter intangível. As principais razões apresentadas são o aumento da eficiência, resposta a imposições regulamentares, ou a necessidade de atingir determinados objectivos ou missão, Silva (1998).

O Quadro 20 apresenta uma relação dos benefícios decorrentes da implementação de um SIG

**Quadro 20 - benefícios decorrentes da implementação de um SIG**

| <b>Benefícios Tangíveis</b>   | <b>Benefícios Intangíveis</b>  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– Redução de custos de mão-de-obra;</li> <li>– Redução de custos de matérias-primas;</li> <li>– Redução dos custos das operações;</li> <li>– Redução das despesas em actividades de campo;</li> <li>– Aumento de produtividade.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Processamento de dados mais rigoroso;</li> <li>– Potencialização da visualização dos dados;</li> <li>– Melhoria de processos analíticos;</li> <li>– Aumento na segurança (manutenção do sigilo) dos dados;</li> <li>– Fornecimento de informações mais precisas;</li> </ul> |

| Benefícios Tangíveis | Benefícios Intangíveis   |
|----------------------|--|
|                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Acesso mais consistente a dados;</li> <li>– Melhoria dos serviços aos utentes;</li> <li>– Capacidade de agregação de informação “cadastral” com informação geográfica;</li> <li>– Capacidade de integração de dados;</li> <li>– Aplicação em várias actividades de gestão pública;</li> <li>– Facilidade de acesso aos dados;</li> <li>– Possibilidade de várias instituições e actividades “beberem” da mesma informação base;</li> <li>– Capacidade computacional (modelação);</li> <li>– Capacidade de gerar novas perspectivas de análise.</li> </ul> |

Os custos associados à implementação de um SIG podem-se dividir em duas categorias: custos de implementação e custos de manutenção.

Os custos de manutenção são, fundamentalmente, os relativos à operação e manutenção da base de dados após a implementação do SIG, substituição de equipamentos diversos, e as necessárias actualizações do *software* e *hardware* associados ao sistema, Korte (1996).

No Quadro 21 apresenta-se um resumo dos custos e benefícios associados à implementação de um SIG.

**Quadro 21 – Custos e benefícios associados à implementação de um SIG**

| Custos  | Benefícios   |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– Integração do hardware computacional necessário à implementação do SIG com aquele já existente na organização;</li> <li>– Avaliação, selecção e instalação de software computacional;</li> <li>– Custo do levantamento e análise de necessidades;</li> <li>– Aspectos contratuais;</li> <li>– Consultoria de suporte;</li> <li>– Padronização de sistemas;</li> <li>– Desenvolvimento de aplicativos específicos;</li> <li>– Custo de interface entre outras fontes de dados e sistemas operacionais;</li> <li>– Designação de funcionários, formação e actualização;</li> <li>– Administração do projecto;</li> <li>– Instalação;</li> <li>– Comunicação;</li> <li>– Reengenharia de processos;</li> <li>– Redefinição de documentos;</li> <li>– Custos de transição (<i>i.e.</i>, funcionamento simultâneo do sistema antigo e novo);</li> <li>– Custos implicados nas actividades correntes (<i>i.e.</i>, bens duráveis e pessoal);</li> <li>– Modelação, análise e redefinição do</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aumenta o conhecimento dos recursos disponíveis e das pressões sobre eles exercida, numa dada área, ao permitir a integração e associação de diferentes conteúdos de diversas fontes e formatos, numa mesma base (esta característica é extremamente importante se quisermos, por um lado afectar custos de investimentos em infra-estruturas às actividades que delas beneficiam (o princípio do utilizador-pagador), por outro lado, impor penalizações financeiras às actividades que degradem recursos naturais e o ambiente (o princípio do poluidor-pagador);</li> <li>– Facilita a formulação, a avaliação de diferentes estratégias alternativas relativas a políticas análises e distribuição de recursos;</li> <li>– Reduz o tempo gasto para a preparação de relatórios, gráficos e mapas, o que melhora a eficácia da informação geográfica usada em análise de políticas e avaliação de opções de planeamento;</li> <li>– Melhora o planeamento de futuras pesquisas, por disponibilizar os dados já existentes e estabelecer linhas mestras para recolha, armazenamento e processamento dos novos dados;</li> <li>– Melhora o tempo e a qualidade da</li> </ul> |

| <b>Custos</b>  | <b>Benefícios</b>   |
|--|---|
| fluxo de dados;<br>– Aquisição de dados<br>– Registo, conversão e actualização de dados. | resposta a pedidos de informação, pela capacidade em disponibilizar, aos responsáveis, mais informação e de forma mais acessível;<br>– Produz novas informações pela sua capacidade de manipular dados anteriormente disponíveis, graças à capacidade de manipulação de dados via computador;<br>– Facilita o desenvolvimento de modelos dinâmicos para o apoio ao planeamento;<br>– Permite uma utilização mais adequada dos recursos humanos disponíveis para recolha e análise de dados (sendo que os custos associados a estes recursos são elevados), pela eliminação de redundâncias e sobreposições de dados e esforços. |

Nota: Adaptado de Nakano (2007), Worral (1994) e Silva (1998)

O projecto do SIG da cidade de Otava, no Canada, revelou que os custos de implementação do SIG estudado distribuíram-se da seguinte forma, Silva (1998):

- |                                      |                                  |
|--------------------------------------|----------------------------------|
| – Manutenção 15,1 %                  | – Pessoal / formação 26,7 %      |
| – Software 8,6 %                     | – Hardware 24,0 %                |
| – Conversão de dados externos 20,0 % | – Implementação do sistema 5,6 % |

Os custos da implantação de um SIG apresentam-se predominantemente na forma tangível, enquanto que os seus benefícios são predominantemente intangíveis, Lanari (1999).



## Conclusões

O enquadramento da nova Directiva-Quadro da Água (2000/60/CE) aponta claramente para uma visão moderna de gestão integrada de recursos naturais, em particular dos recursos hídricos. Esta gestão integrada constitui um enorme desafio às estruturas institucionais, nomeadamente, ao nível dos modelos administrativos, Vieira (2003).

A Directiva-Quadro da Água (2000/60/CE) estabelece o ano 2015 como a data limite para que os Estados-membros alcancem a condição de "bom estado" para todas as águas de superfície e subterrâneas. Neste sentido urge criar ferramentas que permitam aprofundar o conhecimento sobre os recursos hídricos existentes, disponibilidades hídricas, pressões exercidas, e gerir de forma eficiente toda a informação recolhida e produzida.

Qualquer política de gestão de recursos hídricos deve assentar no conhecimento da distribuição espacial e temporal da água quanto a disponibilidades e necessidades (em termos que quantidade e qualidade). A descrição quantitativa deste recurso é essencial para responder a questões sobre a quantidade e qualidade de água disponível e o seu padrão de distribuição espacial e temporal. Só assim é possível identificar regiões com escassez de água crónica e conceber os meios para a sua solução, INAG (2002).

A avaliação da situação, tanto no domínio das disponibilidades como dos usos, consumos e necessidades de água, é actualmente ainda muito deficiente, INAG (2002).

Os Sistemas de Informação Geográfica podem constituir mecanismos poderosos, não só na inventariação, referenciação (em particular, geo-referenciação) das utilizações dos recursos hídricos (por exemplo, na criação do Sistema Nacional de Informação dos Títulos de Utilização dos Recursos Hídricos), mas também na avaliação do impacto dessas utilizações (seja de consumos e retornos seja de qualidade da água) no meio hídrico. Esta bivalência dos SIG, gestão da informação vs produção de informação, confere-lhes potencialidades na gestão de recursos hídricos muitas vezes difíceis de quantificar.

O actual modelo de gestão dos recursos hídricos pode beneficiar em muito com a implementação de um SIG, principalmente pelas vantagens associadas à partilha de informação, acesso à informação, standardização, facilitando desta forma a interacção entre os diferentes organismo (p.ex. entre o INAG, CCDR, ARH e CRH), a articulação

dos diversos instrumentos de ordenamento do território, dos planos de águas e a integração da política da água nas políticas transversais de ambiente asseguradas em especial pelas comissões de coordenação e desenvolvimento regional (CCDR), bem como o acesso à informação e participação do público.

A aplicação de SIG na gestão de recursos hídricos e a sua utilização por parte das entidades públicas responsáveis pela gestão de recursos hídricos em Portugal não se prevê ser uma tarefa fácil porque implica grandes alterações da organização (ao nível da gestão e fluxos de informação e do formato desta) e a um elevado esforço de actualização das ferramentas de trabalho (*software* e *hardware*) e formação dos recursos humanos quer .

Apesar da particular dificuldade na quantificação dos custos e em especial dos benefícios da implementação de um SIG na gestão de recursos hídricos, resultado do carácter intangível da grande maioria destes últimos, uma avaliação qualitativa custo-benefício de um SIG permite indicar que os benefícios (directos e indirectos) são claramente superiores aos custos (de implementação e gestão). Além dos benefícios directos, os exemplos de SIG's implementados expõem de forma clara que a sua implementação na gestão de recursos hídricos, se torna numa ferramenta inovadora que permite gerar conhecimento, gerir de forma organizada e eficiente esse conhecimento, e permite a disponibilização da informação correcta dentro dum certo contexto à pessoa certa, no tempo certo, para a correcta tomada de decisão.

Os exemplos da aplicação prática de um SIG explorados neste documento permitem evidenciar os benefícios (na sua maioria intangíveis, como referidos atrás) e sugerir as implicações que tais sistemas poderão granjear na gestão de recursos hídricos.

Assim sendo, a aplicação de SIG vai alterar a forma como as “coisas” são feitas, resultando numa inovação tanto a nível do processo (*e.g.*, as agentes passam a dar mais valor à informação recolhida localmente) como ao nível do produto (*e.g.*, os produtos têm maior qualidade porque contêm informação em tempo real e é possível fornecer novos produtos que respondem a necessidades personalizadas).

## Trabalhos futuros

Com o presente trabalho procurou-se criar uma base de conhecimento que permitisse avaliar as potencialidades e impactos dos SIG's com vista à introdução desta tecnologia na Gestão de Recursos Hídricos. No entanto, para que tal aconteça, pelo menos de forma contínua e generalizada, muito ainda há a fazer.

Assim, procurou-se aqui enunciar um conjunto de trabalhos que se consideram necessários para um conhecimento profundo da realidade, não só quanto à informação útil existente (qualidade e quantidade) e sua disponibilidade, como também quanto aos sistemas de gestão em exercício e forma de integração dos SIG's nas estruturas existentes com o menor efeito perturbador, sempre inevitável, quando se inova processos.

Assim, considera-se ser de elevado interesse e com importantes mais valias as seguintes actividades:

- Levantamento da informação existente nas mais diversas instituições;
- Tratamento de toda a informação de forma a permitir a sua compatibilização com formatos integráveis em SIG;
- Construção de um conjunto de bases de dados geográficas e alfanuméricas que permitam a integração num SIG para um correcto e eficiente armazenamento da informação disponível e a sua permanente actualização;
- Levantamento dos sistemas e procedimentos de gestão corrente (*e.g.* licenciamento, elaboração de planos e programas);
- Definição dos modelos de gestão assentes em plataformas SIG;
- Previsão dos recursos necessários à implementação e exploração de um sistema de gestão de recursos hídricos assente numa plataforma SIG;
- Previsão dos custos de implementação de um sistema de gestão assente numa plataforma SIG;
- Previsão dos custos de manutenção;

## Referências

- [1] Abrantes, Graça, (1998), *Sistemas de Informação Geográfica — Conceitos*, in: <http://www.isa.utl.pt/dm/sigdr/sigdr01-02/SIGconceitos.html>, acessado em 15/12/2007
- [2] Allouche, Jeremy; Finger, Matthias (2001), “Two Ways of Reasoning, One Outcome: The World Bank's Evolving Philosophy in Establishing a "Sustainable Water Resources Management" Policy”, *Global Environmental Politics*, 1 (2): 42-47, Massachusetts Institute of Technology.
- [3] Almeida, Ana Raquel Teixeira; Costa, Diana Filipa Martins; Gomes, Patrícia Isabel Leite Silva (2005a), “Modelos de Gestão Pública: Uma Aplicação ao Sistema Prisional”, *Trabalho Prático 24910 de Economia Pública*, 24910, Faculdade de Economia da, Universidade do Porto
- [4] Almeida, António (2005b), “Modelo de Sistemas de Informação Técnica Baseado numa Plataforma SIG”, *Dissertação de Mestrado em Ciências e Sistemas de Informação Geográfica*, Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação, Universidade Nova de Lisboa (tese de mestrado)
- [5] Anand, Suchith; Vairavamoorthy, Kalanithy (2003), *GIS in Design and Asset Management of Intermittent Water Distribution Systems*, in: <http://www.gisdevelopment.net/technology/gis/techgi0064.htm>, acessado em 7/6/2008.
- [6] Aronoff, Stan (1989), “Geographic Information Systems: a management perspective”, *WDL Publications*, Ottawa, Canada.
- [7] Behn, Robert D. (1995), “The Big Questions of Public Management”, *Public Administration Review*, 55(4): 313-24.
- [8] Bilhim, João (2004), “A Governação nas Autarquias Locais”, *SPI – Sociedade Portuguesa de Inovação, Consultadoria Empresarial e Fomento da Inovação*, S.A., ISBN 972-8589-37-9, Depósito Legal 220229/04, Porto.

- [9] Boer, H., Caffyn, S., Corso, M., Coughlan, P., Gieskes, J., Magnusson, M.G., Pavesi, S. and Ronchi, S. (2001), “Knowledge and continuous innovation: the CIMA methodology”, *International Journal of Operations & Production Management*, (21) 4, 490–503.
- [10] Brooks, Arthur C. (2002), “Can Nonprofit Management Help Answer Public Management’s “Big Questions”?”, *Public Administration Review*, 62 (3): 259-266, Syracuse University.
- [11] Burrough, Peter. (1986), “Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment”, *Clarendon Press*, Oxford.
- [12] Carvalho, Adão (2004), “O que é a inovação”, *Economia e Sociologia*, 77, 87-101
- [13] Chistopherson, R. W. (2002), *Geosystems: an introduction to physical geography*, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- [14] Cho, G. (1995), “A Self-Teaching Student's Manual for Geographic Information Systems”, *University of Canberra and CAUT*, Canberra, in: <http://infosyslaw.canberra.edu.au/gismodules/index.html>, acedido em 2/1/2008.
- [15] Clark, M. J. (1998), “Putting water in its place: a perspective on GIS in hydrology and water management”, *Hydrological Processes*, 12, 823-834.
- [16] Conceição, P. and Heitor, M. (2003), “Systems of innovation and competence building across diversity: Learning from the Portuguese path in the European context”, in Larisa V. Shavinina (Ed.), *International Handbook on Innovation*, pp. 945-975, Elsevier Science, pp.945-975.
- [17] Cooper, R.G. (1983), “New products do succeed”, *Research management*, 26, 20–25.
- [18] Coppock, J.T., Rhind, D.W. (1991), “The History of GIS”, in Maguire, D. J., Goodchild, M. F., Rhind, D. W (Eds), *Geographical Information System, 1 – Principles*, pp. 21-43, Longman, London, UK. pp. 21-43.
- [19] Costa, José da Silva; Silva, Maria Manuela Castro (1992), “A Gestão dos Recursos Hídricos Em Portugal: Uma análise económico-financeira”, *Working Paper da FEP, n° 31*, Faculdade de Economia da, Universidade do Porto

- [20] Couclelis, Helen, (1992), "People Manipulate Objects (but Cultivate Fields): Beyond the Raster-Vector Debate in GIS" in A. U. Frank, I. Campari, U. Formentini (Eds), "Theories and Methods of Spatio-Temporal Reasoning in Geographic Space", *Proceedings of the International Conference GIS — From Space to Territory: Theories and Methods of Spatio-Temporal Reasoning, Lecture Notes in Computer Science*, 639, pp. 65-77, Springer-Verlag, New York, pp. 65-77.
- [21] Cowen, D., (1990), "What is GIS?" in Goodchild, M. F., Kemp, K. K. (Eds), *NCGIA Core Curriculum*, National Centre for Geographic Information and Analysis, Santa Barbara, EUA, in: <http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/toc.html>, acedido em 22/12/2007
- [22] Cozijnsen, A.J., Vrakking, W.J. & van IJzerloo, M. (2000), "Success and failure of 50 innovation projects in Dutch companies", *European Journal of Innovation Management*, 3, 150–159.
- [23] Cunha, Luís V. (1989), "Water Resources Situation and Management in the EEC", *Hydrogéologie*, 2: 57–69,
- [24] Decreto-Lei n.º 45/94, de 22 de Fevereiro, *Diário da República*, N.º 44 SÉRIE I-A, Lisboa
- [25] Decreto-Lei n.º 47/94, de 22 de Fevereiro, *Diário da República*, N.º 44 SÉRIE I-A, Lisboa
- [26] Decreto-Lei n.º 70/90, de 2 de Março, *Diário da República*, N.º 51 SÉRIE I-A, Lisboa.
- [27] Dorca, Cristiano C.; Luvizotto, Edevar (Jr.); Andarade, J. G. P. (2002), "Aspectos da implantação de um SIG em pequenos e médios abastecimentos de água" LENHS – Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento da Universidade Federal de Paraíba (UFPB), in: [http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/trabalhos/A06\\_19.pdf](http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/trabalhos/A06_19.pdf), acedido a 13/7/2008

- [28] Eastman, J.R., (1999), “Multi-criteria evaluation and GIS”, in: Longley, P.A. et al. (Eds), *Geographical information systems – principles and technical issues*, second edition, John Wiley & sons Inc. pp. 493-502.
- [29] Falkenmark, M., and Widstrand, C., 1992, “Population and water resources: a delicate balance”, *Population Bulletin*, 47(3), 1–36.
- [30] FAO (Food and Agricultural Organization) (2002), “Crops and drops: making the best use of land and water”, *Food and Agricultural Organization – United Nations*, Rome, Italy.
- [31] Faria, Simone Alves; Faria, Ricardo Coelho (2004), “Cenários e Perspectivas para o Setor de Saneamento e sua Interface com os Recursos Hídricos”, *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, 9 (3): 202-210.
- [32] Ferdinand, L. H.; Maidment D. R. (1999) “Definition and Connection of Hydrologic Elements Using Geographic Data”, *Journal of Hydrologic Engineering* 4 (1): 10-18.
- [33] Fernandez, J. C. (2000) *A Valorização da Água e a Cobrança pelo Uso: Teoria, Metodologias e um Estudo de Caso para a Bacia Hidrográfica do Rio Pirapama em Pernambuco*, UFB/FCE/CME, Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Ciências Económicas, Salvador.
- [34] Finneran, T. (1999), “A component-based knowledge management system”, *The Data Administration Newsletter*, in: [www.tdan.com/i009hy04.htm](http://www.tdan.com/i009hy04.htm), acessado em 7/6/2008.
- [35] Freeman, C. e L. Soete (1997), “The economics of industrial innovation”, Third edition, *MIT Press*, Cambridge.
- [36] Gardner-Outlaw, Tom, Engelman, Robert (1997), “Sustaining water, easing scarcity: a second update”, *Population Action International*, Washington, D.C.
- [37] Guptill S. (1991), “Spatial Data Exchange and Standardization” in Maguire, D. J., Goodchild, M. F., Rhind, D. W. (Eds), *Geographical Information Systems, 1 – Principles*, pp. 515-530, Longman, London, pp. 515-530

- [38] HEC (2000), *Hydrologic Modeling System HEC-HMS*, Technical Reference Manual, Hydrologic Engineering Center US Army Corps of Engineers, Davis, EUA, Approved for Public Release – Distribution Unlimited CPD-74B.
- [39] HEC (2008), The Hydrologic Engineering Center (HEC) do Institute for Water Resources, Centro de Especialistas do US Army Corps of Engineers <http://www.hec.usace.army.mil/software/>, acedido em 16/2/2008
- [40] HYDRAM (2006), *VICAIRE - Virtual Campus in Hydrology and Water Resources Management*, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, in <http://hydram.epfl.ch/VICAIRE/>, acedido em 26/10/2007.
- [41] INAG (2002), “Plano Nacional da Água”, Volumes I e II, in: [http://www.inag.pt/inag2004/port/a\\_intervencao/planeamento/pna/pna.html](http://www.inag.pt/inag2004/port/a_intervencao/planeamento/pna/pna.html), acedido em 07/10/2007
- [42] INETI (2004), “HIDROLEX - Léxico de Termos Hidrogeológicos”, in: [http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico\\_hidro/lexico.htm](http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lexico.htm), acedido em 6/1/2008
- [43] Jackson, R. B., Carpenter, S. R., Dahm, C. N., McKnight, D. M., Neiman, R. J., Postel, S. L., and Running, S.W., (2001), “Water in a changing world”, *Ecological Applications*, 11 (4), 1027–1045
- [44] Johne, A.F. & Snelson, P.A. (1988), “Success factors in product innovation: A selective review of the literature”, *Product Innovation Management*, 5, 114–128.
- [45] Journal Officiel de la République Française (JORF) (2006), *Code de L'environnement*, in: [www.legifrance.gouv.fr](http://www.legifrance.gouv.fr), acedido em 26/06/2006.
- [46] Korte, George B. (1996), “Weighing GIS Benefits with Financial Analysis”, *Government Finance Review*, October, 49-52
- [47] Korte, George B. (2001), “The GIS Book - How to Implement, Manage, and Assess the Value of Geographic Information Systems”, 5th ed., *Onword Press*, Albany, New York.
- [48] Kushner, Roland J. and Peter P. Poole. (1996), “Exploring Structure Effectiveness Relationships in Nonprofit Arts Organizations”, *Nonprofit Management and Leadership* 7 (2): 119-36.



- [49] Lanari, C. S.; Nogueira, A. H.; Gonçalves, C. A.; Souza, A. A. (1999), “Sistema de Informações Geográficas: caracterização, custos de implantação e o caso da Companhia Energética de Minas Gerais”, *Nufl – Núcleo de Ensino, Pesquisa e Consultoria em Finanças e Contabilidade - CEPEAD – UFMG*, in: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1999\\_A0477.PDF](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1999_A0477.PDF), acessado em 13/07/2008
- [50] Lanter, David (1992), “Intelligent Assistants for Filling Critical Gaps in GIS, A Research Program”, *Technical Report 92-4*, National Center for Geographic Information and Analysis, Santa Barbara
- [51] Leavitt, William M., and Gail Johnson (1998), “Employee Discipline and the Post-Bureaucratic Public Organization: A Challenge in the Change Process”, *Review of Public Personnel Administration*, 18 (2): 73-81.
- [52] Lei n.º 58/2005 de 29 de Dezembro, Diário da República, N.º 249 SÉRIE I-A, Lisboa.
- [53] Lei Nº 9.433/1997, de 08 de Janeiro de 1997, que trata da Política Nacional de Recursos Hídricos, D.O.U., Brasília.
- [54] Lei Nº 9.984/2000, de 17 de Julho, que dispõe sobre a criação da Agência Nacional de águas – ANA, D.O.U., Brasília.
- [55] Lencastre, A. e Franco, F. M. (1992), *Lições de Hidrologia*, Universidade Nova de Lisboa.
- [56] Lester, D.H. (1998), “Critical success factors for new product development”, *Research Technology Management*, 41 (1), 36–43.
- [57] Lvovitch, M. I. (1970); “World water balance (General report)”, *International Association of Scientific Hydrology*, Reading, 93, 401-415.
- [58] Madique, M.A. & Zirger, B.J. (1984), “A study of success and failure in product innovation: The case of the U.S. electronics industry”. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 31 (4), 192-203.
- [59] Maguire, D.J. (1991), “An overview and definition of GIS”, in Maguire, D. J., Goodchild, M. F., Rhind, D. W (Eds), *Geographical Information System, 1 – Principles*, pp. 9-20, Longman, London, UK. pp. 9-20.

- [60] Maidment, David R. (1993), “GIS and hydrological modelling” in M. F. Goodchild, B. O. Parks, and L. DT. Steyaert (eds.) *Environmental Modeling with GIS*, pp. 147-167, Oxford University Press, New York, pp. 147-167.
- [61] Maidment, D.R.; Djokic, D. (2000), *Hydrologic and Hydraulic Modeling Support with GIS*, ESRI Press, Redlands CA.
- [62] MAOTDR (2007), “Administrações de Região Hidrográfica – definição do modelo estratégico-operacional”, Lisboa.
- [63] Matos, J. (2007), “Modelos digitais do terreno”, Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura, *Instituto Superior Técnico*, Lisboa
- [64] Mendonça, José Manuel (2005), “Projecto de Inovação e Tecnologia”, apontamentos da aula, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- [65] Musy, A. (2005), *e-drologie*, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, in <http://hydram.epfl.ch/e-drologie>, acedido em 27/10/2007.
- [66] Nace, R. L. (1971); “Scientific framework of world water balance”, *UNESCO, Technical Papers in Hydrology*, 7.
- [67] Nações Unidas (1992a), “Agenda 21”, *United Nations Conference on Environment and Development*, Rio de Janeiro, in: [www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/english/agenda21toc.htm](http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/english/agenda21toc.htm), acedido em 28/10/2007
- [68] Nações Unidas (1992b), *The Dublin Statement on Water and Sustainable Development*, in: <http://www.gdrc.org/uem/water/dublin-statement.html>, acedido em 28/10/2007
- [69] Nakano, Carlos Augusto (2007), “O impacto da tecnologia da informação na satisfação das pessoas em empresas públicas: O caso de uma empresa municipal prestadora de serviços de saneamento ambiental na região do grande ABC”, *Dissertação de Mestrado em Administração, Faculdade de Ciências Administrativas da Universidade Metodista de São Paulo*, São Bernardo do Campo.
- [70] OCDE (1999), “Technology and the environment: towards policy integration”, *OCDE*, Paris

- [71] Panne, Gerben; Beers, Cees; Kleinknecht, Alfred (2003), "Success and Failure of Innovations: A Literature Review", *International Journal of Innovation Management*, 7 (3), 309-338.
- [72] Poiker, T.K., (1990), "The TIN model", " in Goodchild, M. F., Kemp, K. K. (Eds), *NCGIA Core Curriculum*, National Centre for Geographic Information and Analysis, Santa Barbara, EUA, in: <http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/toc.html>, acedido em 4/1/2008.
- [73] Rajani, P., (1996), "1995 GIS Industry Survey", in Rodcay, G. K. (Ed), *GIS World Sourcebook 1996*, pp. 25-28, Gis World, Inc., Fort Collins, Colorado, pp. 25-28
- [74] Rhind, David, (1990), "Maps and Map Analysis" in Goodchild, M. F., Kemp, K. K. (Eds), *NCGIA Core Curriculum*, National Centre for Geographic Information and Analysis, Santa Barbara, EUA, in: <http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/toc.html>, acedido em 22/12/2007
- [75] Rocha, J. António Oliveira (2002), "Gestão Pública e Modernização Administrativa", *INA – Instituto Nacional de Administração*, Lisboa.
- [76] Roy, R. & Riedel, J. (1997), "Design and innovation in successful product competition", *Technovation*, 17 (10), 537–548.
- [77] Santana, Fernando (1992), "A Qualidade da Água e o Controlo da Poluição", *1º Congresso da Água: O Estado da água em Portugal*, Vol. 4, 249 – 264.
- [78] Schumpeter, J. A. (1943), "Capitalism, socialism and democracy", Fifth edition (1976), *George Allen & Unwin*, London.
- [79] Serageldin, Ismail (1994), "Water Supply, Sanitation, and Environmental Sustainability: The Financing Challenge", *World Bank*, Washington, D. C.
- [80] Shiklomanov, I. A., (1998), *World Water Resources - A new appraisal and assessment for the 21st century*, UNESCO, in: <http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001126/112671eo.pdf>, acedido em 28/10/2007

- [81] Shiklomanov, I.A. (1993), “World fresh water resources” in Gleick, P.H. (Ed) *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources*, pp. 13-24, Oxford University Press, New York., pp. 13-24.
- [82] Silva, Daniel F. M. (2008), “Integração de Ferramentas de SIG na Modelação Hidrológica de Pequenas Bacias Hidrográficas”, *Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente*, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto
- [83] Silva, E. (1998), “Cost-benefit Analysis for Geographic Information - Implementation Justification, trabalho submetido ao NYS GIS Coordination Body, in: [www.nysgis.state.ny.us/coordinationprogram/reports/cost/index.cfm](http://www.nysgis.state.ny.us/coordinationprogram/reports/cost/index.cfm), acedido em 13/07/2008
- [84] Silva, Maria Manuela Castro (1996a), “O Ambiente e a Contabilidade das Empresas”, *Working Paper da FEP*, nº 61, Faculdade de Economia da, Universidade do Porto
- [85] Silva, Maria Manuela Castro (1996b), “O Uso da Água, O Seu Valor Económico e o seu Preço”, *Working Paper da FEP*, nº 63, Faculdade de Economia da, Universidade do Porto
- [86] Snodgrass, R.T. (1992), “Temporal Databases” in A. U. Frank, I. Campari, U. Formentini, (Eds), *Theories and Methods of Spatio-Temporal Reasoning in Geographic Space, Proceedings of the International Conference GIS — From Space to Territory: Theories and Methods of Spatio-Temporal Reasoning*, Lecture Notes in Computer Science, 639, pp. 22-64, Springer-Verlag, New York, pp. 22-64.
- [87] Sophocleous, Marios (2004), “Global and Regional Water Availability and Demand: Prospects for the Future”, *Natural Resources Research*, 13 (2), 61-75
- [88] Star, Jeffrey; Estes, John (1990). “Geographic Information Systems, an Introduction” *Prentice-Hall*, Englewood Cliffs, New Jersey.
- [89] Teixeira, Aurora (2005), “Projecto de Inovação e Tecnologia”, apontamentos da aula, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

- [90] Tidd, Joe; Bessant, John; Pavitt, Keith (2005), "Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organizational Change", Third edition, *John Wiley & Sons, Ltd.*, West Sussex.
- [91] UNEP (2002), "Vital Water Graphics - An Overview of the State of the World's Fresh and Marine Waters", United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, Kenya. ISBN: 92-807-2236-0, in: <http://www.unep.org/dewa/assessments/ecosystems/water/vitalwater/freshwater.htm>, acedido em 5/1/2008
- [92] van der Knaap, W.G., (1992), "The vector to raster conversion: (mis)use in geographical information systems", *International Journal of Geographical Information Systems*, 6 (2), 159-170
- [93] Vieira, J. M. P. (2003), "Gestão da Água em Portugal. Os desafios do Plano Nacional da Água", *Engenharia Civil*, ISSN 0873-1152., 16, 5-12
- [94] World Bank (1993), "Water Resources Management: World Bank Policy Paper", *International Bank for Reconstruction and Development*, Washington, D. C.
- [95] World Bank (1994), "World Development Report 1994: Infrastructures for Development", *Oxford University Press*, New York.
- [96] World Bank (1997), "World Development Report 1997: The State in Changing World", *Oxford University Press*, New York.
- [97] Worral, Les. (1994), "Justifying investment in GIS: a local government perspective", *International Journal of Geographical Information Systems*, 8(6), 545-565
- [98] Wurbs, R. A. (2001), "Assessing Water Availability under a Water Rights Priority System", *Journal of Water Resources Planning and Management*, 127 (4): 235-243.
- [99] Young, Dennis R. (1993), "The First Three Years of NML: Central Issues in the Management of Nonprofit Organizations", *Nonprofit Management and Leadership* 4 (1): 3-20.

- [100] Zirger, B.J. (1997), “The influence of development experience and product innovativeness on product outcome”, *Technology Analysis & Strategic Management*, 9 (3), 287–297.